

MIREILLE BELLEMARE

**PRODUCTIVITÉ DE LA CHICOUTÉ AU QUÉBEC EN
FONCTION DE DIVERSES RÉGIES DE CULTURE**

Mémoire présenté
à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval
dans le cadre du programme de maîtrise en biologie végétale
pour l'obtention du grade de maître ès sciences (M.Sc.)

DÉPARTEMENT DE PHYTOLOGIE
FACULTÉ DES SCIENCES DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION
UNIVERSITÉ LAVAL
QUÉBEC

2007

© Mireille Bellemare, 2007

Résumé

La chicouté (*Rubus chamaemorus* L.) est une plante vivante dans les tourbières des régions circumpolaires. Des essais ont été réalisés sur la Côte-Nord pour augmenter la productivité de la chicouté en tourbière naturelle. Trois ans après l'application d'un traitement combiné de sectionnement des rhizomes et de fertilisation, la densité de ramets a été augmentée. Plusieurs facteurs ont aussi été testés en tourbière résiduelle. Après deux ans, la protection par un brise-vent n'a pas amélioré la croissance, mais une meilleure survie a été observée avec l'implantation de rhizomes longs de 20 et 25 cm plutôt que 15 cm, plantés à l'automne. Des essais en serre ont montré que les rhizomes possédant des bourgeons terminaux présentaient de meilleurs taux de survie et que la dose optimale de fertilisant 13-13-13 était de 4 g/L. Les perspectives pour la culture de la chicouté à moyen terme sont positives, cependant de nouvelles recherches devront être réalisées pour rentabiliser la culture à grande échelle.

Avant-Propos

J'ai rédigé en entier le premier chapitre qui consiste en une revue de littérature du sujet d'étude. Les deuxième, troisième et quatrième chapitres du mémoire ont été écrits sous forme d'articles scientifiques et seront modifiés, traduits et soumis à une revue appropriée au cours des prochains mois. J'ai entièrement écrit les manuscrits et ceux-ci ont été révisés par Line Rochefort et Line Lapointe, qui seront les deuxième et troisième auteures des éventuels articles.

Le dispositif expérimental du chapitre 2 a été conçu par Line Lapointe et Philippe Jobin et a été mis en place un peu avant le début de ma maîtrise. J'ai travaillé à l'élaboration des dispositifs expérimentaux des chapitres 3 et 4.

J'ai effectué la collecte de données avec l'aide d'assistants de terrain. J'ai traité et analysé les données avec les conseils de Line Lapointe et Line Rochefort. J'ai finalement réalisé moi-même les étapes suivantes, soit la recherche d'articles scientifiques et de nombreuses lectures pour concevoir le texte et les figures du présent mémoire.

Remerciements

J'aimerais remercier ma directrice Line Rochefort et ma co-directrice Line Lapointe pour leurs conseils, leur support et pour avoir eu confiance en moi. Je dois leur exprimer ma reconnaissance, elles m'ont permis de réaliser un projet très intéressant parsemé de défis. Je voudrais aussi les remercier de m'avoir donné la chance de participer à de nombreux événements scientifiques, spécialement la conférence en Europe.

Merci aussi à Philippe Jobin pour son aide et pour les discussions et réflexions que nous avons partagées. Je voudrais remercier particulièrement mes assistants de terrain : Olivier Larouche, Claudine Laurendeau et Caroline Mercier. Ils ont su être efficaces et d'une aide très précieuse au cours des étés passés sur la Côte-Nord. J'ai beaucoup apprécié leur amitié et leur authenticité. Je ne peux passer sous silence Jin Zhou qui m'a prêté main-forte à de nombreuses occasions au cours des différentes étapes de ma maîtrise. Il a ma reconnaissance et mon amitié. Un gros merci également à Guillaume Théroux-Rancourt pour ses réponses à mes nombreuses questions et pour nos échanges sur la chicouté.

Je dois aussi beaucoup aux gens du labo, Sylvain Gutjahr (merci mille fois !), Amélie Collard, Julie Naud, Rachel Gauci et Anthony Gandin de même qu'à Alexandre Lenière et Christophe Gouraud (qui disons le, sont très proches du labo). J'ai apprécié les discussions, sérieuses ou non, les dîners, les fêtes et les activités sportives partagés avec vous. Beaucoup de gens du Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET) ont aussi été présents lorsque j'avais besoin d'aide: Julie Bussières, Roxane Andersen et Gabriel Caisse (pour n'en nommer que quelques uns). Merci à Stéphanie Boudreau pour les réponses à mes questions (surtout statistiques !).

J'ai passé de très beaux étés dans les tourbières de la Côte-Nord chez les Tourbières Berger inc. et Premier Horticulture Ltée; je les en remercie. Un merci particulier à Jean-Denis Banville, Sylvain Savard, Micheline Ross et Nadine Brathwaite.

J'aimerais finalement remercier mes proches (famille et amis), tout spécialement mes parents pour leurs encouragements, ma sœur Julie pour sa participation sur le terrain et Max pour ses conseils. Enfin, un gros gros gros merci à Billy pour son support (moral et technique) et sa patience. Tu as toujours été là pour moi.

Pour grand-maman ♥

Table des matières

Chapitre 1 Biologie et culture de la chicouté.....	1
1.1 Présentation de l'espèce.....	3
1.1.1 Sa distribution	3
1.1.2 Biologie de l'espèce	4
1.1.3 Historique de la culture de la chicouté	4
1.2 Intérêt commercial	5
1.2.1 Utilisation des tourbières.....	5
1.2.2 Potentiel de mise en marché	6
1.3 Croissance et propagation.....	7
1.3.1 Clones.....	7
1.3.2 Bourgeons terminaux	8
1.3.3 Capacité des rhizomes coupés à se propager.....	8
1.4 Notions de productivité.....	9
1.4.1 Mise en contexte : les tourbières ombrotrophes	9
1.4.2 La productivité de la chicouté en tourbière naturelle	10
1.5 Régie de culture en tourbière résiduelle	15
1.6 Problématique du réaménagement.....	16
1.7 Objectifs et hypothèses de recherche.....	17
Chapitre 2 Effet d'un traitement de sectionnement des rhizomes et de fertilisation sur la productivité de la chicouté en tourbière naturelle	19
2.1 Résumé	20
2.2 Introduction.....	21
2.3 Matériel et méthodes.....	23
2.3.1 Site expérimental.....	23
2.3.2 Mise en place du dispositif.....	23
2.3.3 Paramètres évalués	24
2.3.4 Analyses statistiques.....	25
2.4 Résultats.....	27
2.4.1 Les ramets et feuilles.....	27
2.4.2 Les fleurs et les fruits	29
2.5 Discussion.....	30
2.5.1 Sectionnement des rhizomes	32
2.5.2 Fertilisation de la chicouté	33
2.6 Conclusion	36
Chapitre 3 Effet de l'utilisation d'un brise-vent, de la longueur et profondeur de plantation ainsi que de la saison de l'implantation de la chicouté en tourbière résiduelle.....	37
3.1 Résumé	38
3.2 Introduction.....	39
3.3 Matériel et méthodes.....	41
3.3.1 Site expérimental.....	41
3.3.2 Mise en place du dispositif.....	41

3.3.3 Paramètres évalués	43
3.3.4 Analyses statistiques.....	43
3.4 Résultats.....	44
3.4.1 Effet des brise-vent.....	44
3.4.2 Effet de la longueur des rhizomes et de la profondeur de plantation.....	47
3.4.3 Effet de la saison de plantation des rhizomes.....	49
3.5 Discussion.....	50
3.5.1 Effet des brise-vent.....	50
3.5.2 Effet de la longueur des rhizomes et profondeur de plantation	52
3.5.3 Effet de la saison de plantation des rhizomes.....	54
3.6 Conclusion	56
Chapitre 4 Expérience en serre : effet de la plantation avec ou sans bourgeon terminal et de différentes doses de fertilisant sur la propagation végétative de la chicouté.....	58
4.1 Résumé	59
4.2 Introduction.....	60
4.3 Matériel et méthodes.....	61
4.3.1 Mise en place du dispositif.....	61
4.3.2 Paramètres évalués	63
4.3.3 Analyses statistiques.....	64
4.4 Résultats.....	65
4.4.1 Expérience présence ou absence de bourgeon terminal.....	65
4.4.2 Expérience de fertilisation I	66
4.4.3 Expérience de fertilisation II	69
4.5 Discussion.....	71
4.5.1 Expérience présence ou absence de bourgeon terminal.....	71
4.5.2 Expériences de fertilisation I et II	72
4.6 Conclusion	74
Annexe 1: Observations générales relativement à la végétation dans les parcelles témoins et sectionnées et fertilisées pour l'expérience en tourbière naturelle	86
Annexe 2: Tableaux des valeurs statistiques pour l'expérience en tourbière naturelle.....	88
Annexe 3: Tableaux des valeurs statistiques pour les expériences en tourbière résiduelle.....	91
Annexe 4: Température ambiante dans la serre pour les expériences : présence ou absence de bourgeons et de fertilisation I	93
Annexe 5: Tableaux des valeurs statistiques pour les expériences en serre.....	94

Liste des tableaux

Chapitre 2 Effet d'un traitement de sectionnement des rhizomes et de fertilisation sur la productivité de la chicouté en tourbière naturelle

Tableau 1: Températures moyennes (°C) et précipitations totales (mm) pour les mois de mai, juin, juillet et août des années 2004-2006. (Source : Environnement Canada; rapports de données quotidiennes de la station Baie-Comeau A)23

Tableau 2: Réponses des variables de la reproduction sexuée de la chicouté après deux ans d'un traitement de sectionnement et de fertilisation (années 2005 et 2006).29

Chapitre 3 Effet de l'utilisation d'un brise-vent, de la longueur et de la profondeur de plantation ainsi que de la saison d'implantation de la chicouté en tourbière résiduelle

Tableau 3 : Épaisseur de la neige (cm) sur le dispositif brise-vent47

Tableau 4 : Valeurs du t de Student et du P pour les analyses des tests de t pour données appariées pour les variables survie, nombre de feuilles et surface foliaire par feuille (expérience saison de plantation).....49

Chapitre 4 Expérience en serre : effet de la plantation avec ou sans bourgeon terminal et de différentes doses de fertilisant sur la propagation végétative de la chicouté

Tableau 5 : Moyenne et erreur-type des différentes variables évaluées pour les rhizomes avec ou sans bourgeon terminal à la plantation.65

Tableau 6 : Moyenne et erreur-type des différentes variables évaluées selon les doses de fertilisant utilisées pour l'expérience de fertilisation I.....68

Tableau 7 : Moyenne et erreur-type des différentes variables évaluées selon les doses de fertilisant utilisées pour l'expérience de fertilisation II.70

Annexe 1: Observations générales relativement à la végétation dans les parcelles témoins et sectionnées et fertilisées pour l'expérience en tourbière naturelle

Tableau 8: Pourcentage de recouvrement des espèces végétales et des portions de tourbe à nu présentes dans les parcelles témoins et sectionnées et fertilisées au cours de la deuxième année d'étude. La moyenne et l'erreur-type et les valeurs de t et P des tests statistiques sont présentées. $n=6$87

Annexe 2: Tableaux des valeurs statistiques pour l'expérience en tourbière naturelle

Tableau 9 : Valeurs statistiques pour toutes les variables étudiées dans l'expérience de sectionnement des rhizomes et de fertilisation (Anovas en blocs complets avec plan en tiroirs).....	88
--	----

Annexe 3: Tableaux des valeurs statistiques pour les expériences en tourbière résiduelle

Tableau 10 : Valeurs du t de Student et du P pour les analyses des tests de t pour données appariées pour les variables étudiées dans l'expérience brise-vent.....	91
--	----

Tableau 11 : Valeurs du F et du P pour les analyses de la variance à deux voies et comparaisons multiples de type LSD pour les variables nombre de ramets et de feuilles et surface foliaire par feuille (années 1 et 2) dans l'expérience longueur des rhizomes et profondeur de plantation.....	91
---	----

Annexe 5: Tableaux des valeurs statistiques pour les expériences en serre

Tableau 12 : Valeurs de F et P , les contrastes polynomiaux et comparaisons multiples (LSD) pour les différentes variables mesurées dans l'expérience de fertilisation I.....	94
---	----

Tableau 13 : Valeurs de F et P , les contrastes polynomiaux et comparaisons multiples (LSD) pour les différentes variables mesurées dans l'expérience de fertilisation II.	98
---	----

Liste des figures

Chapitre 2 Effet d'un traitement de sectionnement des rhizomes et de fertilisation sur la productivité de la chicouté en tourbière naturelle

Figure 1: Nombre de ramets et de feuilles par m² en a) juin et en b) juillet et surface foliaire par feuille selon le traitement appliqué (moyenne ± erreur-type). Des lettres différentes indiquent des différences significatives entre les traitements ($P \leq 0,05$; ANOVAs à 2 facteurs, selon un plan en tiroir).28

Chapitre 3 Effet de l'utilisation d'un brise-vent, de la longueur et de la profondeur de plantation ainsi que de la saison d'implantation de la chicouté en tourbière résiduelle

Figure 2: Pourcentage de survie, nombre de feuilles ainsi que les surfaces foliaires en parcelles exposées et protégées du vent (moyennes ± erreur-types).45

Figure 3 : a) Courbes des températures minimales et maximales (°C) en fonction du temps b) courbes cumulatives calculées à partir des données journalières de températures minimales et maximales en parcelle exposée et en parcelle non exposée au vent.46

Figure 4: Pourcentage de survie, nombre de feuilles par m² et surface foliaire par feuille pour les différentes combinaisons de profondeurs et de longueurs des rhizomes lors de la plantation (profondeurs 5 cm et 10 cm et les longueurs 15, 20 et 25 cm (moyennes ± erreur-types)) en a) 2005 et b) 2006.48

Figure 5: Pourcentage de survie, nombre de feuilles par m² et surface foliaire par feuille dans les parcelles où la plantation des rhizomes a eu lieu à l'automne et dans celles où elle a eu lieu au printemps (moyennes ± erreur-types) pour a) 2005 et b) 2006 ($P \leq 0,05$; test de *t*).50

Chapitre 4 Expérience en serre : effet de la plantation avec ou sans bourgeon terminal et de différentes doses de fertilisant sur la propagation végétative de la chicouté

Figure 6 : Taux de croissance relatif total du plant et du rhizome pour les différentes doses de fertilisant, calculés à partir des masses sèches, ainsi que la surface foliaire par feuille pour les rhizomes norvégiens (Fd) et québécois dans l'expérience de fertilisation I. Les barres d'erreur expriment l'erreur-type.66

Figure 7 : Taux de croissance relatif du plant entier et du rhizome en fonction de la dose de fertilisant, calculés à partir des masses sèches ainsi que la surface foliaire par feuille pour les rhizomes norvégiens dans l'expérience de fertilisation II. Les barres d'erreur expriment l'erreur-type.69

Annexe 4: Température ambiante dans la serre pour les expériences : présence ou absence de bourgeons et de fertilisation I

Figure 8: Mesures de températures en degrés Celsius (1 lecture/heure) dans la serre du pavillon Vachon de l'Université Laval au cours de l'expérience de fertilisation I.....	93
---	----

Chapitre 1 Biologie et culture de la chicouté

Introduction

La chicouté (*Rubus Chamaemorus* L.) est une espèce herbacée commune dans les tourbières ombrotrophes des régions nordiques. Cette plante, d'intérêt commercial, est largement connue dans les pays septentrionaux du globe où elle est utilisée dans la fabrication de divers produits alimentaires tels que les confitures, crèmes glacées, desserts, alcools, etc. Sa culture a été amorcée depuis les 25 dernières années, mais les résultats des essais sont encore embryonnaires. Au cours du présent ouvrage, la chicouté sera étudiée dans trois contextes de culture bien différents dans le but d'améliorer sa productivité.

Tout d'abord, dans une perspective de développement de l'économie régionale, des essais ont été tentés sur la Côte-Nord afin d'améliorer la productivité de la chicouté en tourbière naturelle par un traitement de sectionnement des rhizomes et de fertilisation. Ceci pourrait peut-être inciter davantage les cueilleurs de petits fruits à se tourner vers la récolte de la chicouté comme revenu d'appoint.

Dans un autre ordre d'idées, l'exploitation des tourbières est une activité économique considérable dans plusieurs régions éloignées des grandes villes du Québec, notamment sur la Côte-Nord. Cette industrie procure des retombées économiques intéressantes pour ces milieux. Toutefois, elle a aussi de nombreuses répercussions sur l'écosystème. Une fois les terrains abandonnés, il subsiste un vaste milieu très peu recolonisé par les espèces végétales de tourbières en raison de conditions hydrologiques perturbées (Price et al. 2003, Price et Whitehead 2004), de l'érosion et du soulèvement gélocal (Campbell et al. 2002, Groeneveld et Rochefort 2002). La culture de la chicouté s'avère donc une option intéressante pour la mise en valeur des tourbières résiduelles. Des paramètres de culture tels que la protection, la longueur des rhizomes, la profondeur et la saison de plantation ont été testés.

Suite à la mise en place des premières expériences en tourbière résiduelle, la chicouté s'est avérée difficile à faire croître sur la tourbe à nue à partir de rhizomes. Des essais en serre ont donc été réalisés dans le but de rechercher de meilleurs moyens d'implantation en tourbière abandonnée après exploitation.

En vue de cibler les meilleures conditions de croissance de la chicouté je présenterai brièvement cette espèce dans la section biologie et culture de la chicouté en décrivant sa distribution, sa biologie et un bref historique des recherches scientifiques menés sur sa culture. Par la suite, une courte section sur l'intérêt commercial de cette plante nous permettra d'évaluer le potentiel des tourbières comme milieu ressource et également la faisabilité d'imposer la chicouté sur le marché des petits fruits. Les aspects de la croissance et de la propagation de la chicouté seront ensuite explicités afin de cibler l'espèce étudiée et les critères sur lesquels travailler pour sa mise en culture. Suivront quelques notions de productivité qui se doivent d'être bien comprises: la particularité de l'habitat optimum de croissance de la chicouté et les principaux facteurs limitant son rendement. L'aspect de la mise en valeur des sites résiduels sera ensuite abordé à travers les connaissances actuelles de la régie de culture et la description des conditions en tourbière résiduelle. Finalement, l'introduction se terminera avec une brève description des chapitres 2, 3 et 4 du mémoire.

1.1 Présentation de l'espèce

La chicouté évolue dans les écosystèmes tourbeux de l'hémisphère Nord de la planète, milieux relativement hostiles en raison des conditions climatiques et édaphiques qui y prévalent (froid, vent, acidité du substrat, conditions d'anaérobie, etc.). Le mot chicouté signifie « feu » en montagnais, probablement en raison de la couleur rouge de son fruit avant la maturité (Marie-Victorin 1995). Au Québec, la chicouté est aussi connue sous les appellations de ronce petit-mûrier, plaquebière et margot par les habitants des régions boréales.

1.1.1 Sa distribution

La chicouté est une plante boréale circumpolaire rencontrée en Sibérie, en Fennoscandie, au Canada et en Alaska. Elle s'étend depuis la latitude 78°30' N à Svalbard (Norvège) jusqu'à la latitude 44°N dans le Maine et dans le New Hampshire, aux États-Unis (Resvoll 1929). Elle est présente principalement dans les tourbières subarctiques, plus spécifiquement les tourbières ombrotrophes (bogs) dans lesquelles les sphaignes forment la majorité de la communauté végétale. Elle se rencontre aussi en sol minéral caractérisé par un bon couvert d'humus (Rapp 2004a). Par contre, des essais réalisés en Finlande sur sol minéral ont montré qu'après quelques années la chicouté se faisait envahir par des plantes adventices

(Théroux-Rancourt, comm. pers.). La chicouté croît bien dans les sols pauvres en nutriments et à pH acide (Taylor 1971), entre 3,5 et 4,5, probablement en raison d'une adaptation pour coloniser un milieu peu convoité par les autres espèces et où la compétition est plus limitée.

1.1.2 Biologie de l'espèce

La chicouté est une plante herbacée appartenant à la famille des Rosacées. Il s'agit d'une espèce pérenne et dioïque qui se propage principalement par la voie végétative, au moyen de rhizomes (Marie-Victorin 1995). Les tiges annuelles portent généralement de 1 à 3 feuilles lobées (Resvoll 1929). Les ramets fertiles possèdent une fleur blanche pistillée ou staminée à leur sommet. Certains spécimens hermaphrodites, plutôt rares et distribués sporadiquement, ont été observés (Gustafsson et Kortesharju 1996). La chicouté est une plante octoploïde ($2n = 8x = 56$; (Thiem 2003). La pollinisation des fleurs est entomophile et les principaux insectes pollinisateurs feraient partie de ces 4 familles: Apidae, Halictidae, Muscidae et Syrphidae. Ceux-ci représentent 87% de tous les insectes ayant visité les fleurs de la chicouté lors d'une étude de 3 ans sur la Côte-Nord (Brown 2005). Le fruit, une polydrupe possédant entre 1 et 16 drupéoles (Jean 1998), est comestible et de couleur pêche à maturité.

1.1.3 Historique de la culture de la chicouté

Les premiers essais de culture de chicouté se sont déroulés en Norvège vers 1930 (Mäkinen et Oikarinen 1974). C'est cependant une vingtaine d'années plus tard que des essais de plus grande envergure portant, entre autres, sur la propagation, la fertilisation et la protection contre le gel et le vent ont été tenus dans ce pays (Østgård 1964). À partir des années 1980, la recherche sur la chicouté s'est intensifiée, autant en Finlande (Kortesharju 1982) qu'en Norvège (Rapp 1992, 1993). C'est d'ailleurs les travaux de recherche norvégiens qui, récemment, ont mené à la publication d'un guide de production de la chicouté (Rapp 2004a). À la fin des années 1990, l'équipe norvégienne a aussi homologué deux cultivars femelles et deux cultivars mâles. Actuellement, des essais de cultures de la chicouté ont lieu dans une tourbière résiduelle de Norvège (K. Rapp, Planteforsk Holt, Norvège, comm. pers.), au champ et en serre en Finlande (H. Pirinen, Pro Agria Kainuu, Finlande, comm. pers.), ainsi qu'en serre dans le sud de la Suède (Wendell et Alsanius 2004). Au Canada,

peu d'essais de culture ont été amorcés, cependant, les connaissances sur la biologie de l'espèce ont progressé au cours des 20 dernières années, notamment avec les travaux de recherche sur les aspects biologiques (Dumas 1986, Dumas et Maillette 1987), écologiques (van Bochove 1987) et physiologiques (Jean 1998, Jean et Lapointe 2001) de la chicouté.

1.2 Intérêt commercial

1.2.1 Utilisation des tourbières

Les tourbières se définissent comme des habitats dont le développement est influencé par un substrat mal drainé et où la production de la tourbe surpasse sa décomposition (Payette 2001). Le niveau élevé de la nappe phréatique, de même qu'une composition végétale à dominance de mousses, caractérisent aussi cet écosystème (Clymo 1983).

Les tourbières, comme la plupart des écosystèmes de la planète, subissent des pressions anthropiques. Que ce soit par la voie de l'agriculture (cultures maraîchères, cultures d'atocas etc.) ou pour l'exploitation forestière, les tourbières des régions tempérées ont maintes fois été drainées (Bouchard et Jean 2001, Poulin *et al.* 2005). Également, l'exploitation de la tourbe pour l'horticulture s'effectue depuis le début du 20^e siècle. Il y aurait actuellement 25 000 000 m³ de tourbe récoltés annuellement à l'échelle de la planète (Caron 2001). Les tourbières peuvent aussi fournir à l'homme divers services et biens. Elles constituent par exemple des réserves d'eau douce. De plus, les tourbières à sphaignes sont reconnues pour leur grande capacité de filtration, d'où parfois leur utilisation comme système épurateur. Elles peuvent également constituer une barrière de protection contre le feu, une réserve de graines pour la recolonisation et un milieu pour la préservation d'archives écologiques et climatiques. De plus, ce sont des habitats importants pour la faune et la flore. Certaines espèces de mammifères, d'oiseaux, de reptiles, d'insectes etc., sont spécifiques aux tourbières (Warner et Asada 2006). Par ailleurs, les tourbières peuvent être un endroit intéressant pour la récolte de petits fruits tels les bleuets, les canneberges (*Vaccinium* spp.), les fruits de *Gaylussacia*, la camarine noire (*Empetrum nigrum* L.) et bien entendu, la chicouté (Rochefort 2001).

1.2.2 Potentiel de mise en marché

1.2.2.1 L'exemple des pays scandinaves

Le potentiel de mise en marché de la chicouté au Québec est intéressant puisque ce fruit a déjà fait son apparition sur certains marchés de la Basse-Côte-Nord et selon le rapport du Bureau fédéral de développement régional Québec (1996), la demande augmentera avec le développement de nouveaux produits (yogourt, crème glacée, etc.). Pour évaluer la pertinence d'une telle perspective, il s'agit de prendre comme modèle les pays scandinaves. La chicouté et ses produits dérivés (yogourt, confitures) sont disponibles dans tous les supermarchés tant en Norvège, qu'en Suède et en Finlande (Lapointe 2004, obs. pers.). Malgré que la chicouté soit abondante en tourbière dans ces pays, les besoins pour la consommation personnelle ne sont pas satisfaits. En Norvège, les importations sont passées de 200 690 kg en 1994 à 333 592 kg en 1999 et en revanche, une exportation d'à peine 4 600 kg a été réalisée en 1999 (Nilsen 2005).

La présence de la chicouté a été relevée sur plusieurs milliers d'hectares de tourbières au nord de la Norvège mais les rendements en fruits y sont très inégaux. Les recherches effectuées ont pour buts de stabiliser et d'accroître ces rendements, ce qui pourrait permettre aux agriculteurs d'améliorer leur revenu et même de créer de nouveaux emplois (Rapp 1993). La domestication de la chicouté n'aidera pas seulement à répondre à la demande du marché mais constitue aussi une culture intéressante pour les milieux tourbeux où la culture de fruits et de légumes peut s'avérer difficile de par les conditions du substrat. Dans son guide de culture de la chicouté, Rapp (2004a) énonce deux méthodes de culture en milieu naturel mais peu de résultats sont actuellement disponibles. La première étant simplement de fertiliser un milieu où se trouvent environ 10 fleurs femelles par mètre carré. La seconde méthode consiste à travailler mécaniquement le sol à l'aide de machinerie, en plus de le fertiliser. Le sol est labouré à une profondeur d'environ 15 cm à l'aide d'une charrue possédant des socs de 35 à 40 cm. Ensuite, la couche de surface est grossièrement travaillée sur une profondeur d'environ 10-15 cm à l'aide d'un rotoculteur ou de tout autre appareil aratoire.

Dans une autre perspective, la mise en place d'une culture de chicouté est une option intéressante pour le réaménagement des tourbières exploitées. Effectivement, la cueillette

en milieu naturel n'est pas sans complication. Un sondage tenu en Finlande a permis d'évaluer la quantité totale de fruits de chicouté récoltés à 6100 tonnes en 1997. Parmi celles-ci seulement 900 étaient destinées à la commercialisation, le reste étant pour la consommation personnelle (Saastamoinen *et al.* 2000). La difficulté de se procurer des fruits auprès des cueilleurs individuels est un problème actuel puisque ceux-ci sont de plus en plus âgés et que les jeunes ne sont pas intéressés par cette activité rémunératrice plutôt exigeante (Saastamoinen 1998). Pour contrer cette difficulté, plusieurs tentent de se tourner vers la domestication de la chicouté. Une méthode de culture de la chicouté à l'aide de matériel sélectionné est explicitée dans le guide norvégien de culture de la chicouté (Rapp 2004a).

1.2.2.2 La situation au Québec

Qu'en est-il de la situation au Québec? Le fruit est encore peu connu des gens vivant au sud de la province, où le seul produit à base de chicouté facilement accessible est une liqueur fine vendue à la Société des Alcools du Québec (SAQ) sous le nom de Chicoutai. Bien sûr, dans la région de la Côte-Nord, des confitures, des tartes, des gelées et divers produits artisanaux sont confectionnés. La culture de la chicouté pourrait être une perspective intéressante étant donné qu'il y a déjà un intérêt de la population de la Basse Côte-Nord et des intervenants régionaux pour la mise en valeur des baies sauvages de leur région. À cet effet, en 1996 un rapport présentant un plan d'action a été soumis (Bureau fédéral de développement régional Québec 1996). Selon ce rapport, des produits fabriqués avec la chicouté pourraient vraisemblablement être mis en marché. Cela pourrait permettre de faire connaître le goût particulier et raffiné de ce fruit indigène au Québec et de mettre sur pied une entreprise dans une région qui vit des difficultés économiques. À cet effet, la chicouté se vend entre 12,13 et 35,23\$/kg selon la taille et la qualité des fruits (Délites de la Basse-Côte-Nord, 2004, comm. pers.). En comparaison, en Norvège le prix de vente se situe aux environs de 20\$/kg selon le cours du marché (Rapp 2004a).

1.3 Croissance et propagation

1.3.1 Clones

La chicouté se propage essentiellement par croissance clonale, cela signifie qu'un seul individu sexuellement produit engendrera asexuellement un ensemble d'individus. Les

ramets de chicouté, c'est-à-dire chaque tige aérienne séparée d'une autre par une section de rhizome (Harper 1977, Cook 1983), peuvent se redistribuer les ressources selon la force des puits (ex: les fruits sont des puits de carbone). Une étude réalisée dans les tourbières de la Moyenne-Côte-Nord a déterminé qu'un clone pouvait être constitué de 5 à 12 ramets (Lapointe et Rochefort 1997). Une seconde étude, effectuée sur 6 clones entiers femelles provenant d'un site près de Havre-St-Pierre (Basse Côte-Nord) a permis d'estimer plusieurs caractéristiques de ces clones. En moyenne les clones mesurent 11 mètres de longueur et portent 6,2 ramets, dont 1,7 sont des ramets fertiles (Jean 1998). Ainsi, les clones produisent en moyenne un ramet à tous les 1,2 m de rhizome (Jean et Lapointe 2001).

1.3.2 Bourgeons terminaux

Les bourgeons dormants terminaux pointent à la surface du sol et sont exposés aux conditions climatiques sévères environnantes. Leur résistance au froid est donc décisive pour l'émergence au printemps suivant (Kaurin *et al.* 1982). Une étude réalisée sur des rhizomes de différentes longueurs en Norvège a montré qu'il n'y avait pas toujours de noeuds sur les plus petits segments (Rapp *et al.* 2000). Les bourgeons dormants sont disposés à des intervalles de quelques centimètres ou décimètres et chacun a le potentiel de produire une nouvelle branche de rhizome ou une tige aérienne (Mäkinen et Oikarinen 1974).

1.3.3 Capacité des rhizomes coupés à se propager

La chicouté peut être multipliée à partir de portions de parties aériennes ou de petits segments de rhizomes. Pour les ramets, Østgård (1964) rapporte que la moitié des fragments plantés ont formé des racines en champ. Pour les rhizomes, la longueur optimale pour la propagation serait de 22,5 cm (Rapp *et al.* 2000), cependant aucun détail sur la méthode expérimentale pour déterminer cette longueur n'est disponible en langue anglaise. Le guide de culture de la chicouté norvégien recommande des segments de rhizomes de 10 à 15 cm (Rapp 2004a). Les jeunes rhizomes devraient être privilégiés pour la plantation par rapport aux plus âgés qui sont très lignifiés. Pour les segments les plus courts, l'absence de bourgeons terminaux ou une limitation des hydrates de carbone pourraient restreindre la production de nouveaux ramets et racines (Rapp *et al.* 2000). La levée de la dormance des bourgeons latéraux pourrait être initiée suite à un sectionnement des rhizomes. En effet, le

phénomène de la dominance apicale, soit l'inhibition de la croissance des bourgeons latéraux chez une plante par la présence du bourgeon terminal exportant des auxines, pourrait être à l'origine du développement de nouvelles tiges suite à un traitement de sectionnement du rhizome. Des études menées sur la dominance apicale et le développement des bourgeons latéraux chez *Elytrigia repens*, une plante clonale, ont montré qu'un effet se faisait sentir sur la croissance des bourgeons latéraux suite à un apport en eau sur la partie sectionnée du rhizome. L'ajout d'azote a amplifié la réponse des bourgeons tandis que la dominance apicale a été presque complètement inhibée suite à l'addition de saccharose dans la solution d'azote (McIntyre 1971). Les résultats des études sur *E. repens* ont permis de conclure que la dominance apicale chez des rhizomes excisés serait contrôlée essentiellement par la compétition entre l'apex du rhizome et les bourgeons latéraux pour l'eau, l'azote et les hydrates de carbone (McIntyre 1972).

1.4 Notions de productivité

1.4.1 Mise en contexte : les tourbières ombrotrophes

La tourbière ombrotrophe (bog) dans laquelle croît la chicouté est alimentée uniquement par les précipitations atmosphériques et est dominée par les sphaignes (Payette 2001). Les sphaignes sont de bonnes compétitrices pour freiner la croissance des autres plantes vasculaires grâce à leurs propriétés anatomiques, physiologiques et chimico-organiques (van Breemen 1995). De la présence des sphaignes découle plusieurs conséquences: acidité, conditions anaérobies, température du sol fraîche tout au long de la saison de croissance, germination des graines difficile. Certaines espèces d'Éricacées croissant dans les tourbières ont développé un moyen de rivaliser avec les sphaignes, elles réalisent des symbioses mycorhiziennes éricoïdes pour assimiler les nutriments essentiels (Cullings 1996). La chicouté exploite le biotope le plus pauvre des bogs soit les platières et les buttes à *Sphagnum fuscum* (Campbell et Rochefort 2001). À ces endroits, le pH est plus acide mais on y retrouve moins de plantes vasculaires. L'acrotelme dans les buttes et les platières est plus épais et plus oxygéné donc les rhizomes de chicouté peuvent s'y propager aisément.

1.4.2 La productivité de la chicouté en tourbière naturelle

Dans cet ouvrage, la productivité se définit comme la quantité de biomasse produite, soit les rhizomes, feuilles, fleurs et fruits, pour un temps donné. Lorsqu'une augmentation de la densité de ramets et feuilles est observée, c'est en quelque sorte une augmentation de la productivité végétative aérienne. Le rendement réfère plutôt à une quantité ou une masse de fruits de chicouté par unité de surface.

1.4.2.1 Rendement

La chicouté est reconnue pour avoir un rendement très variable d'une année à l'autre (Resvoll 1929, Wallenius 1999). Dans une tourbière très productive de Finlande un rendement de 300 kg/ha de fruits de chicouté a été observé (Mäkinen et Oikarinen 1974). Les auteurs rapportent des rendements allant entre 10 et 1500 kg/ha mais Small et Catling (2000) rapportent un rendement plus conservateur de 20 à 50 kg/ha. Dans le nord du Québec, les rendements sont plutôt de l'ordre de 4,5 kg/ha (Dumas et Maillette 1987). La raison pour cette grande variation dans les rendements n'est pas tellement claire. En comparaison, dans une tourbière du Maine non aménagée intensivement, mais renfermant des clones productifs, plus de 6725 kg/ha de bleuets sauvages sont produits (Yarborough 1998). Pour la province de Québec, le rendement moyen en bleuets sauvages est de 1034 kg/ha pour les années 1998-2003 avec une tendance générale à la hausse (Ministère de l'Agriculture 2005). En ce qui concerne la canneberge en production au Canada, le rendement pour les années 1990-1994 varie entre 13 200 kg/ha et 16 800 kg/ha (Bureau de la statistique du Québec 1995) Il est à noter qu'il s'agit de cultivars et non de l'espèce indigène et que la production se fait en milieu aménagé. Enfin, une étude estonienne rapporte une récolte de canneberge allant de 1200 à 3000 kg/ha en tourbière résiduelle après ensemencement ou plantation de segments de tiges (Paal et Paal 2002).

1.4.2.2 Les conditions climatiques

1.4.2.2.1 Le gel

Le gel serait probablement le principal facteur climatique limitant le rendement en fruits de la chicouté (Kortesharju 1988). Durant la floraison, il explique à lui seul 38 % de la variation de l'indice d'abondance de la chicouté en milieu naturel selon une étude finlandaise analysant plusieurs centaines de sondages effectués entre 1956 et 1996.

(Wallenius 1999). Il détruit les fleurs, les fruits non mûrs et même, en cas extrême, certaines feuilles. En considérant la phénologie de la chicouté, sa sensibilité au gel peut être expliquée par le fait qu'elle se trouve parmi les premières plantes à fleurir au printemps. Elle s'expose ainsi aux gels nocturnes tardifs fréquents dans son habitat (van Bochove 1987, Ågren 1988a). Par exemple, au nord du Québec (56°14' N, 74°25' O), les ramets reproducteurs apparaissent presque tous avant le 11 juillet (Dumas et Maillette 1987) et sur la Côte-Nord aux environs de la fin mai à la mi-juin (obs. pers.).

Les fleurs femelles sont très sensibles aux basses températures, un gel de -2°C leur est léthal ((Yudina 1993). Les fleurs mâles quant à elles supportent des températures minimales de -4°C (van Bochove 1987). D'autre part, deux nuits consécutives sous 0°C sont fatales aux deux sexes. Il semblerait que la résistance au gel augmente lors de la maturation des fruits, puisqu'à ce moment les fruits peuvent supporter des températures de -3 ou -4°C (Kortesharju 1995).

L'obtention de fleurs ou de fruits de chicouté avortés en raison des conditions météorologiques froides serait plus importante en milieu ouvert comparativement à un milieu fermé ou semi-ouvert (Ågren 1988a). Une des solutions envisageable serait la culture en milieu semi-ouvert ou avec la présence de brise-vent. Dans un grand nombre de cultures, les brise-vent améliorent les conditions climatiques. Ils permettent d'augmenter la température et l'humidité et d'améliorer le régime hydrique. Ils diminuent aussi l'érosion, la dérive de pesticides et les dégâts causés par l'abrasion. Pour la production de bleuets sauvages, les brise-vent sont utilisés dans la province de Québec, puisqu'ils aident à prévenir l'érosion du sol et qu'ils permettent de réduire la vitesse du vent. Cela donne lieu à une amélioration de la pollinisation et à l'accumulation d'une couche de neige protectrice (Argall et Chiasson 1996).

1.4.2.2 Les autres variables météorologiques

D'autres variables météorologiques, dont la somme des températures, le nombre de jours de pluie forte, la somme des précipitations etc., ont été évaluées entre 1956 et 1996 (Wallenius 1999). Ces variables n'auraient aucun effet sur le rendement et ce, tant pour les variables météorologiques pendant la période de floraison que lors de la période de maturation du

fruit. Selon Wallenius, le rendement de la chicouté serait plutôt influencé par plusieurs de ces facteurs météorologiques et leurs effets mutuels.

1.4.2.3 Limitation des ressources

En milieu subarctique, 94% de la biomasse de la chicouté est allouée aux organes souterrains et seulement 0,05% à la reproduction, le reste de la biomasse étant principalement la tige et les feuilles (Dumas et Maillette 1987). En fait, chez les clones femelles moins du tiers des ramets portent une fleur (Jean et Lapointe 2001). Il est toutefois fréquent d'observer une surproduction de fleurs chez la chicouté. Cela lui permet d'atteindre un grand succès reproducteur lors des saisons favorables, mais généralement le résultat est l'avortement d'une partie des fleurs ou des fruits (Ågren 1988a).

L'avortement des fruits chez la chicouté pourrait être expliqué par sa faible capacité d'entreposage des sucres. Ceux-ci représentent environ 23% de la biomasse sèche du rhizome (Jean et Lapointe, 2001). En comparaison *Trillium erectum*, une plante à rhizome court tubérisiforme, peut entreposer 45% de sucres (Lapointe 1998). En plus, l'habitat de la chicouté est un milieu pauvre en nutriments. Pour une plante pérenne et clonale, le conflit de l'allocation des ressources sera probablement amplifié dans une situation où le carbone et les nutriments sont limités. En effet, la plante doit fournir un effort supplémentaire pour investir dans la croissance clonale. Sohn et Policansky (1977) ont rapporté que chez *Podophyllum peltatum* (forêt décidue) moins de ressources sont allouées à la croissance clonale chez des ramets qui portent un fruit à maturation que chez ceux qui avortent leur fruit. La chicouté possède la capacité de produire des graines ayant une plus faible biomasse lorsque les ressources sont limitantes (Jean 1998).

Le manque de ressources dans les petits rhizomes pourrait limiter leur capacité à produire un ramet. En effet, selon Cain (1990) la taille du ramet chez *Solidago altissima* serait influencée par la taille de son rhizome, donc indirectement par la quantité de réserves qui y est accumulée. De plus la profondeur de plantation des rhizomes influencerait aussi l'émergence des ramets et cela possiblement par manque de ressources énergétiques. Par exemple, chez *Rumex alpinus*, la vigueur des tiges aériennes serait corrélée négativement avec la profondeur de la plantation (Klimes *et al.* 1993). La saison de plantation est aussi importante dans la probabilité d'émergence des individus puisqu'il y aurait, en général, un

patron cyclique chez les espèces clonales: au printemps, les individus investissent dans la croissance et à l'automne, c'est le moment d'emmagasiner les réserves. D'ailleurs, il n'est pas recommandé de transplanter des plantes à l'été, moment où l'investissement dans la reproduction sexuée et la production des feuilles est souvent à son maximum.

Des études physiologiques ont montré récemment que la quantité de potassium est moins grande chez les fruits qui avortent que chez les fruits matures (R. Gauci, données non publiées). De même, les ramets ayant des fruits avortés contiennent moins de phosphore que les ramets où il n'y a pas eu d'avortement. Une autre expérience, sur le marquage de ramets floraux et non-floraux à l'aide de ^{14}C a montré que le carbone restait à proximité du ramet floral durant le développement du fruit (R. Gauci, comm. pers.). Ceci suggère que le fruit représente un coût appréciable pour le ramet floral. De plus, les ramets non-floraux ne contribueraient pas directement au développement du fruit, ils achemineraient plutôt le carbone vers le rhizome. Enfin, la production du carbone par la feuille pourrait être limitée pour subvenir aux besoins du fruit puisque pendant environ 63% de la maturation du fruit, la feuille est en phase de croissance (R. Gauci, comm. pers.). Chez les espèces dioïques, la conception des fruits implique un coût substantiel, essentiellement en biomasse, comparé au coût de la reproduction des individus mâles (Putwain et Harper 1972, Lloyd 1973, Rocheleau et Houle 2001).

La fertilisation pourrait peut-être suppléer au manque de ressources chez la chicouté. Il est d'ailleurs mentionné qu'une augmentation de l'apport en nutriments chez les plantes en général conduit à une augmentation de la croissance et du rendement (Marschner 1995). Quelques essais de fertilisation en milieu naturel ou en culture ont été réalisés, mais les effets sur le rendement de la chicouté sont controversés. Mentionnons les travaux de Østgård (1964), Rapp et Steenberg (1977) et Kortesharju et Rantala (1980). Mäkinen et Oikarinen (1974) ont aussi décrit plusieurs travaux de fertilisation et ils rapportent une grande variation dans les effets des traitements. Pour résumer, il semblerait selon les auteurs que l'ajout de phosphore augmenterait la masse des fruits et le rendement mais l'amplitude de cette augmentation n'est pas mentionnée. Dans seulement deux expériences sur un total de 15, la fertilisation aérienne d'Østgård (1964) a mené à une augmentation du rendement en fruit (applications de phosphore et de phosphore et d'azote combinés). Il a

aussi observé une augmentation de la croissance des arbustes et herbacées adjacents suite à la fertilisation. Kortesharju et Rantala (1980) quant à eux mentionnent que les effets de la fertilisation sont modérés et de courte durée (3 ans). La méthode d'application semble être la principale source de la variation des effets des traitements. Les essais ont ainsi permis de conclure qu'une fertilisation en surface n'était pas appropriée puisqu'elle avantage les plantes compétitrices. Il serait plus efficace pour favoriser la croissance de la chicouté de fertiliser en profondeur, soit entre 10 et 40 cm de la surface du sol tout dépendant du type de tourbière (Rapp et Steenberg 1977, Rapp 2004a). La fertilisation recommandée dans le guide norvégien de culture de la chicouté est de 500 kg de fertilisant NPK (14-6-16) par hectare par cycle de 10 ans.

1.4.2.4 Autres facteurs

Une mauvaise pollinisation affecte aussi le rendement de la chicouté. Les causes possibles d'une pollinisation déficiente sont soit de forts vents ou pluies lors de la période de pollinisation ou une variation dans la disponibilité du pollen (Ågren *et al.* 1986). D'ailleurs, Brown (2005) a observé que les forts orages en 1999, 2000 et 2003 ont abrégé la période de floraison sur ses sites d'étude. Une mauvaise pollinisation entraînerait une faible masse des fruits soit moins de 0,5 g; la masse des fruits pourrait être de 3 à 4 fois plus élevée à la suite d'une bonne pollinisation (Kortesharju 1988). De plus, l'activité des pollinisateurs est ralentie par temps froid : les températures fraîches sont fréquentes lors de la floraison printanière de la chicouté (Yudina 1993). Le rendement peut donc être affecté par l'absence de pollinisateurs. Malgré le fait que la chicouté semblerait caractérisée par une spécialisation de la pollinisation par les petits diptères, elle possède un avantage face à de mauvaises conditions de pollinisation puisqu'elle peut se reproduire végétativement (Brown 2005). L'une des voies les plus prometteuses pour l'amélioration du rendement de la chicouté dans les conditions environnementales difficiles des latitudes nordiques semble être la culture en forêt semi ouverte. Une diminution des événements de gel et une protection contre le vent seraient les principaux effets bénéfiques d'un tel aménagement sur la floraison et la production de fruits (Huikari 1972 dans (Mäkinen et Oikarinen 1974). La chicouté croît bien dans les milieux semi ouverts et produit des fruits de masse appréciable soit, en moyenne, 1,8 g par fruit (Dumas et Maillette 1987, Yudina 1993).

1.5 Régie de culture en tourbière résiduelle

La culture de chicouté en tourbière résiduelle est une option intéressante. Il est cependant primordial de bien connaître les particularités de culture de cette plante avant de débiter des plantations à grande échelle. Les informations suivantes sont, pour la plupart, tirées du guide norvégien de culture de la chicouté rédigé par Rapp (2004). Cependant, ces facteurs n'ont pas tous été testés de façon rigoureuse et répétée, de là l'importance d'études supplémentaires adaptées au contexte canadien.

Les périodes recommandées pour la plantation sont le printemps et l'automne (Røthe *et al.* 2000, Rapp 2004a). Les rhizomes devraient être plantés à une profondeur de 5-10 cm et les boutures à 10 cm. La longueur des rhizomes plantés devrait être 10 ou 15 cm (Rapp 2004a) mais un article antérieur mentionnait une longueur optimale de 22,5 cm (Rapp *et al.* 2000). Les plants ou rhizomes doivent être plantés avec un espacement de 25 à 33 cm entre chaque rang. Si le coût et la quantité de matériel à planter ne sont pas des facteurs limitatifs, il pourrait être intéressant d'augmenter la densité de plantation. Cela permettra d'atteindre un couvert végétal plus rapidement et de diminuer les risques d'envahissement par les mauvaises herbes, telles que les bouleaux, les linaigrettes, etc. Le rapport de plantation recommandé est de 9 femelles pour 1 mâle (Rapp 2004a). Par contre, cette recommandation a été récemment révisée et pourrait devenir: 8 femelles pour 2 mâles (Rapp 2004b).

Les conditions de plantation sont aussi soumises à certains critères de sélection. Par exemple, le niveau de la nappe phréatique recommandé en Norvège se situe entre 30 et 50 cm sous la surface. La tourbe doit avoir un pH de 3,5 à 4,5 et un degré de décomposition entre H2 et H4 selon l'échelle de Von Post (Rapp 2004a).

Certaines des méthodes mécaniques testées en tourbière naturelle en Europe pour tenter de diminuer la compétition avec les autres espèces pourraient être introduites lors de la culture en tourbière résiduelle: l'utilisation de divers paillis (sable, gravelle, varech, tourbe, paille, écorce, etc.), le fauchage, le labour, le hersage, la mise en place de fossés, l'utilisation d'un cultivateur rotatif et les brise-vent (Østgård 1964, Mäkinen et Oikarinen 1974). L'efficacité de ces méthodes reste tout de même très variable.

Enfin, une fertilisation adéquate, soit 500 kg/ha de fertilisant NPK (14-6-16), devrait être effectuée à tous les dix ans (Rapp 2004a). Il est à noter que la façon de calculer la teneur en nutriments des fertilisants est différente en Europe et en Amérique. La formule 14 :6 :16 du guide norvégien correspond au Québec à une formule de 11-5-17,6. Selon les indications du guide de culture, l'engrais est déposé à une dose de 40 à 50 g dans des trous de 10 à 20 cm de profondeur, et ce à chaque m². Le fertilisant ne doit pas entrer en contact avec la nappe d'eau. Plusieurs trous par m² peuvent aussi être creusés et la même dose cumulative pourra y être déposée. La fertilisation doit être fait en profondeur et non en surface, afin de réduire l'apport en fertilisant pour les plantes adventices et les sphaignes. Le meilleur moment pour la fertilisation est de six mois à un an après la plantation, avant la floraison, lorsque le sol est dégelé, ou alors après la récolte en août ou septembre.

1.6 Problématique du réaménagement

Les aspects particuliers des tourbières résiduelles doivent être bien connus afin de contrôler certains des facteurs qui pourraient nuire à la croissance de la chicouté dans un contexte de réaménagement de ces sites. Mentionnons d'abord que l'exploitation horticole est réalisée aujourd'hui par la méthode d'aspiration de la tourbe. Globalement, l'exploitation d'une tourbière débute par le drainage du site et le retrait de la couche végétale de surface. La récolte est alors accomplie en alternant le hersage et l'extraction de la tourbe en conditions sèches et ensoleillées à l'aide d'aspirateurs (Daigle et Gautreau-Daigle 2001). Des conséquences importantes découlent de cette technique d'exploitation. Les sites présentent une très lente recolonisation végétale naturelle (Desrochers *et al.* 1998). Une sécheresse et une instabilité du substrat sont aussi observées. La nappe phréatique est plus basse et plus variable que dans les tourbières naturelles en raison du drainage réalisé (Price *et al.* 2003). En fait, la quantité d'eau disponible dans le substrat pour la végétation de surface des tourbières résiduelles est faible. De plus, le soulèvement gélival au printemps y est fréquent (Groeneveld et Rochefort 2005). Pour remédier à ces difficultés, les techniques de restauration des tourbières sont efficaces puisqu'elles entraînent une amélioration de la recolonisation végétale (Rochefort *et al.* 2003) et de l'hydrologie (Petroni *et al.* 2004) des milieux restaurés. Un autre point à considérer en tourbière résiduelle est l'exposition aux forts vents. Ces sites présentent une absence de végétation qui pourrait avoir une action

protectrice sur les ramets de chicouté en culture. Des effets négatifs sur la pollinisation par les insectes et sur le régime des températures au printemps seront peut-être observés. D'ailleurs, des mauvaises conditions climatiques comme le froid, la chaleur excessive, la pluie et le vent pourraient nuire à certains des pollinisateurs (Hippa *et al.* 1981a, 1981b). La proximité des autres plantes pourrait défavoriser la chicouté puisque certains insectes, par exemple le bourdon, lui sont peu fidèles, préférant les fleurs d'Éricacées (Hippa *et al.* 1978). Il faut toutefois noter que la chicouté est parmi les premières plantes à fleurir. Enfin, la tourbière résiduelle est dépourvue de la couche isolante composée en majorité de sphaignes et pourrait ainsi être une cible pour les gels nocturnes printaniers.

1.7 Objectifs et hypothèses de recherche

L'objectif général de cette étude est d'améliorer la productivité de la chicouté en tourbières naturelle et résiduelle. Les tests de propagation en serre ont pour but d'optimiser le succès d'implantation de la culture au champ.

Plus spécifiquement, le chapitre 2 concerne l'amélioration de la productivité des ramets de la chicouté déjà présents en tourbière naturelle. Le traitement principal consiste en un sectionnement *in situ* des rhizomes de chicouté et en l'application d'une fertilisation appropriée (11-5-17,6; formule norvégienne NPK. La mise en place d'expériences pour tester différentes régies de culture en tourbière résiduelle a été réalisée afin d'optimiser la productivité de la chicouté introduite. Les expériences, au nombre de trois, seront explicitées dans le chapitre 3. Il s'agit de déterminer l'effet d'un brise-vent sur le micro-climat et éventuellement sur la chicouté. L'impact de la longueur du rhizome, de la profondeur de plantation ainsi que de la saison de plantation sur la survie de la chicouté sera aussi évalué. Enfin, suite aux travaux de recherche menés sur le terrain, il s'est avéré que l'implantation de la chicouté à partir de rhizomes n'était pas très fructueuse. Afin de remédier à cette difficulté et de trouver les méthodes de propagation optimales, des essais en serres ont été effectués. Il s'agit d'une expérience sur l'impact de la présence de bourgeons terminaux sur le taux de reprise des rhizomes et de deux expériences de fertilisation. La méthodologie et les résultats de ces expériences sont discutés au chapitre 4.

Les hypothèses de recherche sont les suivantes :

En tourbière naturelle : le sectionnement des rhizomes in situ et l'application d'un fertilisant sous-terrain augmentera la productivité de la chicouté.

En tourbière résiduelle : 1) la mise en place d'un brise-vent augmentera la température au niveau du sol au printemps et diminuera ainsi les risques de gel, 2) la survie des rhizomes de 25 cm sera plus grande que ceux de 20 ou 15 cm de longueur et les rhizomes plantés à une profondeur de 5 cm auront une plus grande survie que ceux plantés à 10 cm et 3) la survie de la chicouté sera plus grande lorsque la période de plantation est le printemps.

En serre : 1) les rhizomes avec bourgeons terminaux présenteront la plus grande croissance et 2) les rhizomes fertilisés avec des doses 2 à 6 g/L seront ceux qui présenteront la plus grande croissance.

Chapitre 2 Effet d'un traitement de sectionnement des rhizomes et de fertilisation sur la productivité de la chicouté en tourbière naturelle

2.1 Résumé

Une expérience testant l'effet d'un traitement combiné de sectionnement des rhizomes de chicouté et d'une fertilisation en profondeur a été mise en place en tourbière naturelle. L'influence de ce traitement sur la productivité de la chicouté a été évaluée à l'aide de la densité de ramets, de la densité des feuilles et de la dimension de celles-ci. L'étude permet de conclure qu'il y a un délai dans la réponse de la chicouté, la densité de ramets et des feuilles ayant été accrue d'environ 90 ramets et 180 feuilles par m² seulement trois ans après l'application du traitement. De même, une augmentation de la densité de fleurs a pu être observée au cours de la troisième année (augmentation de plus de 10 fleurs femelles par m²) mais aucun effet du traitement n'a pu être constaté sur les variables associées aux fruits, c'est-à-dire le nombre et la masse des fruits ainsi que le nombre de drupéoles par fruit. Ainsi, seulement la productivité de la chicouté a pu être augmentée en milieu naturel.

2.2 Introduction

Au Québec, la récolte traditionnelle de petits fruits est une activité ancrée dans les mœurs depuis longtemps puisque l'utilisation de bleuets, framboises, fraises, groseilles, etc. était déjà courante dans les desserts et confitures au début du 19^e siècle (Kemp 1936). Bien avant cela, les amérindiens pratiquaient la cueillette de petits fruits (Small et Catling 2000), parmi lesquels figure la chicouté, une espèce pérenne commune dans les tourbières ombrotrophes de l'hémisphère nord (Resvoll 1929). Celle-ci a une valeur commerciale déjà reconnue dans les pays scandinaves (Mäkinen et Oikarinen 1974, Rapp et al. 1993, Saastamoinen 1998) et même au Québec, sur la Basse-Côte-Nord, puisque dans un rapport sur la mise en valeur des baies sauvages, la cueillette commerciale de la chicouté en milieu naturel est encouragée (Bureau fédéral de développement régional Québec 1996). Un des problèmes majeurs freinant le succès d'un marché axé sur la vente des fruits de la chicouté est un rendement en fruits plutôt faible et surtout très variable d'une année à l'autre en tourbière naturelle (Resvoll 1929, Ågren 1988, Ågren 1988a, Ågren 1988b).

En horticulture, la division chez les plantes pérennes est reconnue pour rajeunir et augmenter le nombre de plants. Pour les jardiniers, il s'agit du meilleur moyen pour obtenir de nouvelles plantes identiques à la plante mère. Pourtant, les résultats semblent un peu plus nuancés lorsque l'on s'attarde à certaines recherches scientifiques impliquant le sectionnement des rhizomes chez les plantes pérennes. Par exemple, dans le cas de *Schoenoplectus* spp. il y aurait, initialement, une plus grande production de ramets après sectionnement des rhizomes alors que pour *Cladium mariscoides* Muhl. Torr., c'est une plus grande agrégation de ramets qui a été observée (Pauliukonis et Gough 2004). Une espèce pérenne et clonale, *Leymus chinensis* (Trin.), a eu quant à elle une réponse plutôt neutre suite à un traitement de sectionnement de ses rhizomes (Wang *et al.* 2004). Chez des espèces soumises à une perturbation telle qu'une herbivorie conduisant au sectionnement des parties souterraines, la productivité aérienne tend à diminuer (Smith et Odum 1981, Giroux et Bédard 1987, Wang *et al.* 2004). Le bleuets et la canneberge sont des exemples intéressants de l'effet positif de la suppression des tiges aériennes, par le brûlage ou le fauchage, sur la production de nouveaux bourgeons sur les rhizomes ou stolons et sur la production de fruits (Penney *et al.* 1997).

En combinaison au sectionnement des rhizomes, la fertilisation est une autre option qui pourrait potentiellement améliorer la productivité de la chicouté en tourbière naturelle. Une plus grande disponibilité des nutriments limitatifs en tourbière résulte en un meilleur taux de croissance chez plusieurs espèces (Gore 1961). Dans un milieu pauvre, soit la toundra, une fertilisation en azote ou azote et phosphore aurait stimulé la croissance des tiges chez la majorité des espèces étudiées (Shaver et Chapin 1980, Chapin et Shaver 1989). Dans un contexte plus agricole, il a aussi été mentionné qu'un apport en azote sur les surfaces sectionnées des rhizomes d'*Agropyron repens* attachés à la plante mère provoque le développement des bourgeons apicaux en tiges aériennes plutôt qu'en de nouveaux rhizomes (McIntyre 1967, 1972). En ce qui concerne la chicouté, il semblerait que la fertilité du sol ne soit pas le facteur déterminant de sa densité en milieu naturel. En revanche, la présence d'un sol fertile favorisait un meilleur rendement en fruits (Rapp 2004a). La chicouté serait limitée en azote lors de la phase de croissance de la tige alors que les parties souterraines, rhizomes et racines, seraient limitées par d'autres nutriments (Saebø 1970). Le contenu en phosphore de la chicouté serait élevé (Saebø 1968). Cependant, dans les tourbières ombrotrophes le phosphore est un élément rare et l'ajout de phosphore favoriserait le développement des fruits (Saebø 1977). Les études de fertilisation de la chicouté ont mené à des résultats mitigés (Østgård 1964, Mäkinen et Oikarinen 1974, Kortesharju et Rantala 1980) mais cela est probablement dû à la méthode d'application du fertilisant qui serait inappropriée et qui favoriserait la croissance des plantes adventices. Rapp et Steenberg (1977) ont établi que la fertilisation en profondeur serait plus bénéfique à la chicouté.

L'amélioration de la productivité de la chicouté et éventuellement de son rendement en tourbière naturelle sont les éléments ciblés dans ce projet de recherche. Nous avons émis l'hypothèse qu'un traitement combiné de sectionnement des rhizomes et de fertilisation va permettre une amélioration de la productivité de la chicouté dans une population en tourbière naturelle. À cette fin, plusieurs variables reliées à la productivité et au rendement, telles que le nombre de ramets, feuilles, fleurs et fruits, ont été évaluées dans les parcelles témoins et les parcelles traitées.

2.3 Matériel et méthodes

2.3.1 Site expérimental

Le site étudié en 2004 (l'année de l'application des traitements) ainsi qu'en 2005 et 2006 (deuxième et troisième années de suivi des traitements) se trouve dans la municipalité de Pointe-Lebel, (49° 10' 00" N - 68° 12' 00" O) sur la Côte-Nord. Il s'agit d'une tourbière naturelle de type ombrotrophe (bog). La végétation de la strate muscinale se compose principalement de *Sphagnum rubellum*, mais on trouve aussi en plus faibles proportions *Sphagnum fuscum*, *Sphagnum magellanicum*, *Polytricum strictum* et les principaux lichens du genre *Cladonia* spp. La chicouté est l'espèce dominante de la strate herbacée avec un pourcentage de recouvrement d'environ 20%. On trouve dans cette même strate des plants d'*Empetrum nigrum* en plusieurs endroits. Enfin, la strate arbustive est constituée de quelques espèces d'éricacées dont la dominante est *Chamaedaphne calyculata* et de quelques *Picea mariana* rabougries.

Les données météorologiques pour la saison de croissance des trois années d'étude sont présentées au tableau 1 (Environnement Canada, 2006). La température moyenne annuelle est de 1,5°C et la moyenne annuelle de précipitations est de 1015 mm dont 684,1 mm tombant sous forme de pluie.

Tableau 1: Températures moyennes (°C) et précipitations totales (mm) pour les mois de mai, juin, juillet et août des années 2004-2006. (Source : Environnement Canada; rapports de données quotidiennes de la station Baie-Comeau A)

Période	2004		2005		2006	
	Température moyenne (°C)	Précipitations totales (mm)	Température moyenne (°C)	Précipitations totales (mm)	Température moyenne (°C)	Précipitations totales (mm)
Mai	5,9	72,0	6,8	85,5	8,8	90,0
Juin	11,2	92,0	13,5	108,5	14,5	94,5 ^A
Juillet	15,8	96,0	16,8	73,0 ^A	16,7	81,5 ^A
Août	15,3	107,0	15,4	209,0 ^A	14,1	35,5 ^A

^A Valeur basée sur des données incomplètes

2.3.2 Mise en place du dispositif

Un traitement combiné de sectionnement des rhizomes de chicouté et de fertilisation a été appliqué sur la tourbière naturelle en 2004. Le dispositif expérimental consistait en un plan

en blocs complets aléatoire comprenant 12 unités expérimentales de 3 m x 3 m, paires deux à deux (blocs). Les parcelles ont été disposées dans une aire où des ramets de chicouté étaient présents naturellement. Le traitement de sectionnement et fertilisation a été appliqué aléatoirement sur une des deux parcelles dans chaque bloc, l'autre parcelle étant une parcelle témoin non fertilisée et non sectionnée.

Le sectionnement des rhizomes a été réalisé au printemps (2004) à l'aide d'une scie à chaîne de marque Husqvarna munie d'une lame d'environ 50 cm et remplie d'essence et d'huile mélangées. La coupe *in situ* de la tourbe, et par conséquent des rhizomes de chicouté, a été faite à tous les mètres et la profondeur atteinte était de 30 cm. La couche de sphaigne déplacée par la scie n'a pas été retassée à la main, la surface mise à nue étant peu importante.

La fertilisation a été appliquée à la mi-août de la première année. Une seule application a été faite étant donnée la recommandation de fertiliser un site aux 10 ans du guide norvégien de culture de la chicouté (Rapp 2004a). À tous les mètres, 45 g de fertilisant (14-6-16; NPK) ont été déposés dans des trous, à environ 10 cm de profondeur pour un total de 9 trous par parcelle. La formulation exacte de l'engrais était la suivante : 11% N (6,5% sous forme NH_4 et 4,5% sous forme NO_3), 5% P, 17,6% K, 2,3% Mg, 2,3% Ca (sous forme CaCl_2), 9,5% S, 0,03% B, 0,3% Mn, 0,03% Zn et 0,002% Mo. Cette formulation a été adaptée de la formulation utilisée en Norvège par le Centre de recherche Holt, à Tromsø (Inger Martinussen, Bioforsk Holt, Norvège, comm. pers.).

2.3.3 Paramètres évalués

L'évaluation des paramètres de rendement et de productivité a été faite sur 4 sous-parcelles de 1 m² par unité expérimentale. Pour évaluer la performance relative du traitement, un suivi de la phénologie a été réalisé à tous les 3 jours dès l'émergence des bourgeons floraux jusqu'à la fin de la floraison pour les 2 dernières années de l'étude. Ensuite, le suivi était fait de façon hebdomadaire jusqu'à la maturité des fruits. Lors de ce suivi, le sexe des bourgeons floraux était déterminé, puis lors de la floraison les fleurs étaient comptabilisées et identifiées mâles ou femelles à l'aide de bandes attachées en plastique. Lors de la seconde année, le nombre de fleurs mâles évalué correspondait à la somme des individus observés

dans chaque parcelle au cours de tout l'été (plusieurs comptes). Par contre, au cours de la troisième année, le nombre de fleurs mâles correspondait au maximum observé au cours d'une seule journée dans chacune des parcelles pendant l'été. Ce maximum varie selon la parcelle et une moyenne a été faite pour chaque traitement. Les bourgeons ou fleurs avortés étaient notés. À la fin de la maturation, les fruits étaient récoltés et le poids frais, le nombre de drupéoles et le poids sec (après séchage à 70°C pendant 48h) étaient déterminés. Pour les variables associées à la reproduction sexuée (nombre de fleurs femelles et mâles), seulement les données des suivis des deux dernières années seront présentées étant donné qu'aucun échantillonnage n'a été réalisé la première année.

Le nombre de ramets et de feuilles de chicouté a également été comptabilisé aux deux semaines dans les parcelles traitées et témoins pour les trois années de l'étude. Une mesure de la diagonale des feuilles a été prise vers la mi-juillet (années 2004-2006) dans le but de calculer la surface foliaire par ramet à l'aide d'une régression. L'équation suivante a été utilisée suite aux tests effectués pour déterminer l'équation la plus adaptée: $\text{Surface} = -2.288 + (1.226 \times \text{diagonale}) + (0.4283 \times \text{diagonale}^2)$. Le R^2 de cette équation était de 0,964 et le P était inférieur à 0,001. Il est à noter que cette formule est valable pour de petites feuilles i.e. entre 2 et 8 cm de diamètre, ce qui était le cas dans les parcelles étudiées.

L'effet potentiel de l'application du traitement de sectionnement des rhizomes et de fertilisation sur l'ensemble de la végétation a été vérifié au milieu du second été d'échantillonnage en évaluant le pourcentage de recouvrement des espèces présentes dans les unités expérimentales (inspiré de la méthode Daubenmire (1959) dans Bonham (1989) qui est une méthode d'estimation de la canopée par strates). Aucune différence majeure dans la composition de la végétation dans les parcelles traitées et témoins n'a été observée, les résultats s'y rapportant se retrouvent à l'annexe 1.

2.3.4 Analyses statistiques

L'effet du sectionnement des rhizomes et de la fertilisation sur le nombre de ramets et de feuilles en début de saison (mi-juin) et en mi-saison (fin juillet), sur la surface foliaire par feuille et les variables associées à la reproduction sexuée a été évalué à l'aide d'ANOVAs à 2 facteurs, suivant un modèle de plan en tiroirs, avec le traitement (Sectionné-fertilisé vs

témoin) comme facteur principal regroupé en blocs et l'année de mesure (Années 1, 2 et 3) comme sous-facteur. Dans le cas particulier du nombre de fleurs femelles et de ses dérivées, étant donné qu'aucun échantillonnage n'avait été réalisé la première année, l'analyse a été effectuée avec deux années de mesures. Lorsque l'interaction Année x Traitement était significative, l'effet du traitement à chacune des années de mesure a été vérifié (option « SLICE » dans l'énoncé LSMEANS du modèle). Les postulats de l'analyse de variance ont été vérifiés et certaines variables ont été transformées ($\text{Log}_{10} + 1$) pour réduire l'hétérogénéité des variances. Le niveau de signification pour déterminer des différences entre les traitements était de $P \leq 0,05$. Les analyses ont été réalisées avec la procédure GLM du logiciel SAS (SAS Statistical System software, v. 6.12, SAS Institute Inc., Cary, NC, U.S.A.).

Étant donné que la méthode d'échantillonnage pour le nombre de fleurs mâles était différente en 2005 et 2006, nous ne pouvons comparer les deux années ensemble. C'est pourquoi des analyses de variance à une voie ont été réalisées pour chacune des années. Ceci s'applique également pour la variable rapport fleurs mâles: femelles qui en est dérivé. Le logiciel *Statistix 8* a été utilisé pour ces analyses (Statistix 8, Version 8.0, Analytical Software).

Pour vérifier l'impact du traitement de sectionnement et fertilisation sur la dynamique de la végétation des parcelles et des interactions potentielles avec la chicouté (seconde année de l'étude seulement), les mesures du pourcentage de recouvrement des espèces présentes ont été comparées à l'aide de tests de *Student* avec transformation des données ($\log x+1$ ou rang) lorsque les postulats n'étaient pas respectés.

2.4 Résultats

2.4.1 Les ramets et feuilles

Le nombre de ramets et de feuilles de chicouté par m² était très semblable entre les parcelles témoins et les parcelles traitées à la première année d'application du traitement (soit environ 50 ramets par m² en juin et 60 en juillet et 75 feuilles par m² en juin et 95 en juillet; Figure 1 et Annexe 2). Ensuite, le traitement a entraîné une augmentation globale d'environ 90 ramets et 180 feuilles par m². Cet effet positif était nettement visible la 3^e année, quoiqu'on pouvait déjà observer des différences dès la 2^e année. On note aussi des variations inter-annuelles quant à la densité des ramets et à la densité des feuilles mesurées autant en juin qu'en juillet, la troisième année s'avérant la plus productive (Figure 1 et Annexe 2). L'effet du traitement sur la surface foliaire est moins clair, mais il a tout de même permis d'observer particulièrement pour la deuxième année une légère augmentation d'environ 4,5 cm² en parcelle traitée (Figure 1 et Annexe 2).

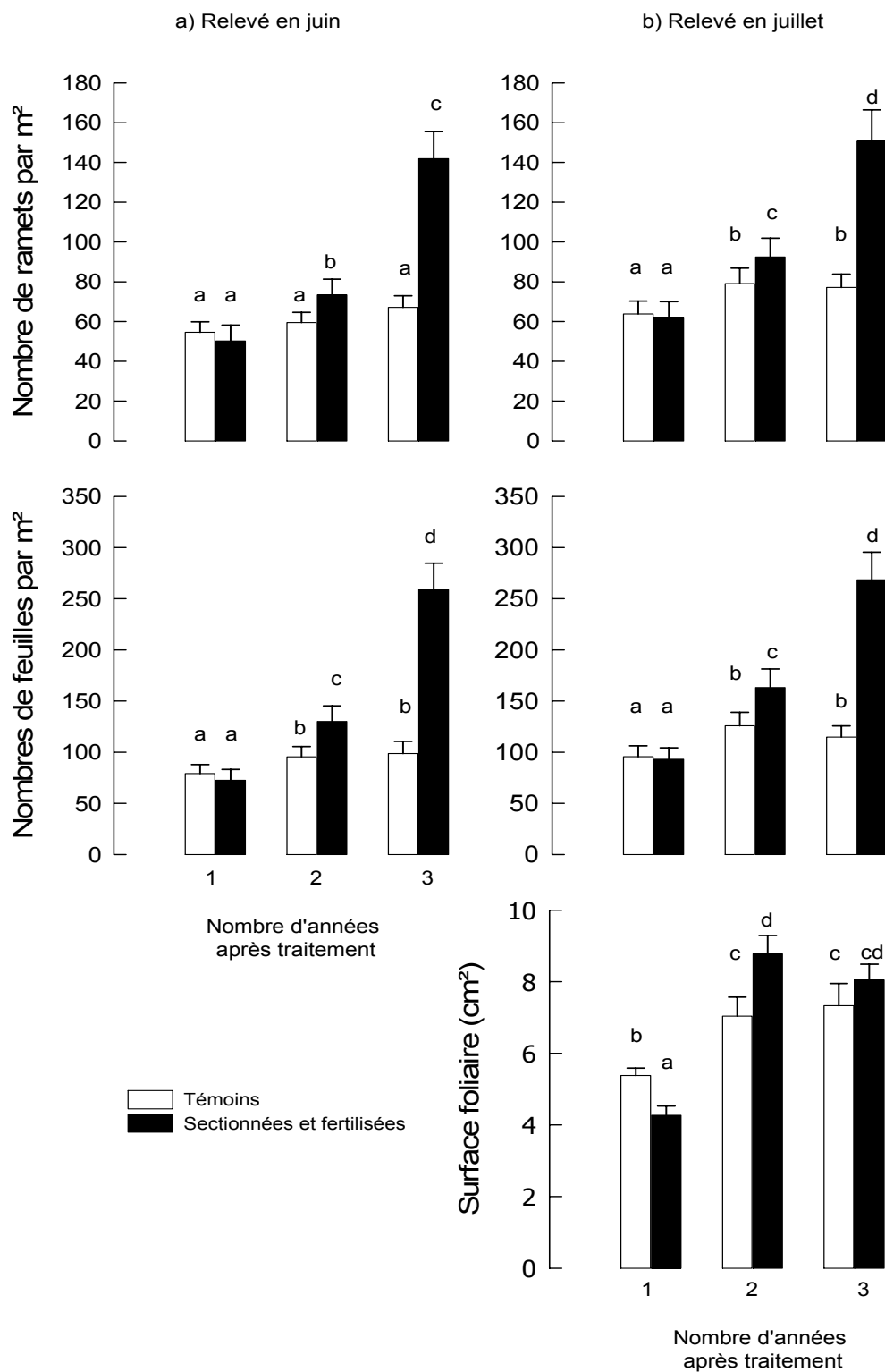


Figure 1: Nombre de ramets et de feuilles par m² en a) juin et en b) juillet et surface foliaire par feuille selon le traitement appliqué (moyenne ± erreur-type). Des lettres différentes indiquent des différences significatives entre les traitements ($P \leq 0,05$; ANOVAs à 2 facteurs, selon un plan en tiroir).

2.4.2 Les fleurs et les fruits

Le traitement de sectionnement et fertilisation n'a pas eu d'impact positif pour la plupart des variables reliées à la reproduction sexuée de la chicouté pour les deux années où le suivi a été réalisé. Cependant, pour le nombre de fleurs (mâles et femelles) par m² on a pu observer une augmentation significative dans les parcelles sectionnées et fertilisées pour la troisième année en comparaison aux parcelles témoins (Tableau 2 et Annexe 2).

Tableau 2: Réponses des variables de la reproduction sexuée de la chicouté après deux ans d'un traitement de sectionnement et de fertilisation (années 2005 et 2006).

Variables mesurées	Deuxième année				Troisième année			
	Parcelles témoins		Parcelles sectionnées et fertilisées		Parcelles témoins		Parcelles sectionnées et fertilisées	
	Moyenne	Erreur-type	Moyenne	Erreur-type	Moyenne	Erreur-type	Moyenne	Erreur-type
Nombre de fleurs femelles par m ²	6,08	3,85	5,37	2,15	6,41	4,11	19,33	8,48
Nombre de fleurs femelles avortées par m ²	5,25	3,43	4,58	2,08	5,29	4,78	19,50	4,15
Nombre de fruits par m ²	0,45	0,23	0,17	0,08	2,88	1,96	3,30	1,21
Nombre de fruits avortés par m ²	0,21	0,12	0,21	0,12	2,19	0,73	4,81	1,54
Nombre de drupéoles par fruit	3,03	1,52	3,2	1,39	4,3	0,17	4,56	0,81
Masse fraîche moyenne par fruit	0,26	0,12	0,63	0,35	0,56	0,08	0,60	0,13
Masse sèche moyenne par fruit	0,04	0,02	0,08	0,05	0,09	0,01	0,09	0,02
Nombre de fleurs mâles ¹	22,41	6,86	16,25	5,35	3,04	0,75	4,91	1,25
Rapport mâle/femelle	42,37	26,83	10,74	8,00	1,12	0,88	5,60	5,35

¹ Voir section 2.3.3.

2.5 Discussion

Trois ans après l'application du traitement de sectionnement des rhizomes et de fertilisation, le nombre de ramets et de feuilles a été accru dans les parcelles traitées. C'est donc une réponse à moyen terme de la chicouté en tourbière naturelle à ce type de régie. En comparaison, au cours d'une étude menée sur des plants d'*Agropyron repens* en chambre contrôlée, le développement de nouvelles tiges aériennes a pu être observé environ 12 jours après l'application d'un traitement de sectionnement des rhizomes et d'une fertilisation en azote (McIntyre 1972). Donc, le traitement de sectionnement des rhizomes ainsi qu'un apport en azote stimulerait la croissance d'*Agropyron repens* tout comme ce qui a été observé dans la présente étude sur la chicouté mais la réponse chez la chicouté s'est avérée beaucoup plus lente. Peu d'informations sont disponibles sur la densité de ramets et de feuilles de chicouté en tourbière naturelle. Lors d'une étude de la structure clonale de la chicouté en Finlande, trois populations différentes ont été sélectionnées et la densité de ramets de chacune d'elles était estimée à 15, 19 et 62 ramet m² (Korpelainen *et al.* 1999). En comparaison, les densités représentées à la figure 1 sont plutôt aux environs de 60 ramets par m², sauf exception des parcelles sectionnées et fertilisées pour la troisième année où la densité atteinte est beaucoup plus grande (environ 140 ramets par m²). Flower-Ellis (1980) mentionne une moyenne de 325±30 feuilles par m² en tourbière sur pergélisol. Les surfaces foliaires par feuille estimées dans cette expérience, soit 10 cm² et moins, sont inférieures à celles rapportées par Lohi (1974), à savoir 15,5 cm² pour une tourbière ouverte à sphaignes et 28,1 cm² pour une tourbière plutôt forestière mais comparables à la surface foliaire par feuille de 5,75 cm² (Flower-Ellis 1980) rencontrée dans une tourbière caractérisée par un pergélisol.

En ce qui concerne la réponse des fleurs et des fruits au traitement de sectionnement et de fertilisation, celle-ci est encore plus lente. Jusqu'à présent, nous avons observé un faible effet du traitement sur les variables reliées à la reproduction sexuée de la chicouté lors du suivi. Peut-être est-il encore trop tôt? Le faible taux de reproduction sexuée chez la chicouté pourrait expliquer l'absence de différence de rendement dans les parcelles traitées et témoin trois ans après l'application du traitement. Le bourgeon floral de la chicouté est formé l'année précédent la floraison (Ågren 1989), ce qui nous porte à croire que seulement

la deuxième et la troisième années de cette expérience pourraient avoir été influencées par le traitement. Les rhizomes ont été sectionnés au printemps de la première année, donc la plupart des ramets qui ont émergé au cours de cette année provenaient des bourgeons terminaux de l'été précédent. De plus, la fertilisation ayant été réalisée au mois d'août de la première année, les individus comptabilisés durant cette année n'ont pu être influencés par l'apport en nutriments. Bien entendu, une plus grande production de fleurs et de fruits était un des objectifs de cette expérience. Peut-être que la fertilisation était tout simplement inadéquate et qu'elle ne ciblait pas exactement la production de fruits. L'application de bore pourrait être une voie plus prometteuse pour l'atteinte de meilleurs rendements chez la chicouté. En effet, le bore stimulerait la vitalité du pollen et aurait mené à un plus grand rendement chez plusieurs espèces dont une variété de cassis et de framboise (Wojcik 2005a, 2005b), des plants de riz (*Oryza sativa* L.) et des plants de soya (*Glycine max* L. (Garg *et al.* 1979, Schon et Blevins 1990). Le rapport des sexes (Tableau 2) sur le site de cette étude démontre une prédominance de fleurs mâles et cela est aussi fréquemment observé ailleurs (Resvoll 1929, Østgård 1964, Korpelainen 1994). La proportion de fleurs mâles peut atteindre plus de 80% selon une étude de Ågren *et al.*, (1986) menée en Suède. Également, le nombre de ramets floraux total (mâles+femelles parcelles témoins; tableau 2) par m² dans cette expérience est d'environ 25 (deuxième année), ce qui est similaire aux valeurs de 20 à 60 ramets floraux par m² rapportées dans la littérature (Ågren 1988, 1988b). Pour la seconde année, le pourcentage d'avortement des fleurs femelles était de plus de 85% sur notre aire d'étude (tableau 2) alors qu'un taux d'avortement des fleurs et jeunes fruits allant de 21 à 45% est rapporté dans la littérature (Nilsen 2005). Ce taux élevé pourrait être, du moins en partie, dû à la température lors de la floraison. En effet, au cours d'une nuit de la seconde année de forts orages se sont produits pendant de la période de floraison et le lendemain les fleurs présentaient des signes de dommages. D'ailleurs, la période de floraison aurait aussi été abrégée suite aux forts orages en 1999, 2000 et 2003 qui se sont produits sur la Côte-Nord au Québec (Brown 2005). Le nombre de fruits par m² estimé à moins de 3 pour le site d'étude est comparable aux valeurs obtenues par Flower-Ellis (1980) qui oscillaient entre 0,51 et 6,40 fruit par m² mais inférieur 10 à 25 fruit par m² rapportés en Finlande (Mäkinen 1972 dans (Mäkinen et Oikarinen 1974). En terme de rendement, de 20 à 50 kg/ha sont rencontrés en tourbière naturelle lorsque les conditions

sont optimales, c'est-à-dire en présence d'une épaisseur de tourbe allant de 0,5 à 1 m, d'un pH entre 3,5 et 4,5 et d'une nappe phréatique de 40 à 50 cm sous la surface du sol (Small et Catling 2000). Le rendement moyen dans notre étude était très faible, soit 0,78 kg/ha pour la deuxième année et une valeur très semblable pour la troisième année. La masse des fruits récoltés est aussi inférieure à ce qui est rapporté dans la littérature puisque les masses fraîches étaient en moyenne de 0,50 g en opposition à 1-3 g dans une tourbière productive (Mäkinen 1972 dans (Mäkinen et Oikarinen 1974)). Le nombre de drupéoles par fruit dans cette expérience était inférieur à 5 (Tableau 2) ce qui est peu puisque les polydrupes peuvent posséder jusqu'à 30 drupéoles en nature (Rapp 1989). La tourbière dans laquelle cette expérience a été mise en place est donc semblable à ce qui a été rapporté dans la littérature en ce qui a trait au nombre de fleurs mais serait moins productive en terme de rendement fruitier.

2.5.1 Sectionnement des rhizomes

Le sectionnement des rhizomes, en combinaison à la fertilisation, devrait favoriser l'émergence des tiges de chicouté. Selon Østgård (1964) la croissance et la reproduction de la chicouté seraient favorisées par le labour; une action qui entraîne inévitablement la rupture des longs rhizomes en de plus courts segments. En Norvège, à la suite d'un labour en tourbière ombrotrophe, la production de nouvelles tiges aériennes de chicouté a été rapportée (Østgård 1964). Plus récemment, le labour en tourbière naturelle a été recommandé par Rapp *et al.* (1993) et Rapp (2004a) puisqu'il pourrait en résulter une augmentation de la densité de ramets. Cela pourrait être dû à l'inhibition de la dominance apicale chez les rhizomes sectionnés, ce qui permet la croissance des bourgeons latéraux ainsi levés de leur dormance. Plusieurs expériences ont été réalisées à ce sujet sur *Agropyron repens*, une mauvaise herbe (clonale) commune au Canada. La croissance de ses bourgeons latéraux pourrait être initiée par divers moyens: l'ombrage du plant parent, l'excision du rhizome du plant parent ou le sectionnement plus généralisé du rhizome, l'interruption de la croissance du bourgeon terminal et enfin, un apport élevé en azote (McIntyre 1965, 1967, 1970, 1972, Rogan et Smith 1976). D'autres espèces sont aussi influencées par le sectionnement des rhizomes : la production de nouvelles tiges chez *Aster* spp. et *Solidago gigantea* Ait. a été accrue suite à ce traitement alors que pour *Solidago canadensis* L. les effets étaient plus modestes (Schmid et Bazzaz 1987). Wang et al. (2004)

ont observé chez *Leymus chinensis*, une augmentation non significative du nombre de tiges aériennes et une diminution de la biomasse en réponse à un traitement de sectionnement de ses rhizomes. Enfin, des études ont été réalisées dans un contexte de l'utilisation des ressources souterraines des plantes de marais par les herbivores. Une étude menée sur le *Scirpus maritimus* rapporte une augmentation du nombre de tiges chez les clones sectionnés expérimentalement, résultant du développement de bourgeons axillaires levés de la dormance (Charpentier *et al.* 1998). Par contre, une plus grande biomasse des tiges et tubercules était produite chez les clones intacts. Il s'agit dans ce cas d'une réponse à une perturbation locale: la recolonisation rapide du milieu. D'autres auteurs rapportent néanmoins des résultats plutôt négatifs sur la production de *Scirpus* et de *Spartina* suite à ce type de perturbation par les oiseaux migrateurs. Il faut toutefois considérer qu'une partie des rhizomes était prélevée dans ces études (Smith et Odum 1981, Giroux et Bédard 1987). Enfin, il a été rapporté, dans une expérience tout à fait différente, une réduction du nombre de rhizomes et de tiges, de la longueur des rhizomes et du nombre de noeuds à la suite d'un traitement de sectionnement chez *Psammochloa villosa*, une plante de milieu semi aride sujette à une dégradation de ses rhizomes (Dong et Alaten 1999).

Au niveau de l'effet du sectionnement sur les variables reliées à la reproduction sexuée de la chicouté, Mäkinen et Oikarinen (1974) ont mentionné que l'intensité de la floraison dans deux des sites labourés était comparable à celle des sites témoins alors que pour un des sites où il y a eu labour, le nombre de fleurs a été considérablement accru. Par contre, dans une étude menée sur *Solidago canadensis*, le sectionnement des rhizomes aurait eu pour effet de réduire le nombre de ramets floraux comparativement aux individus localisés dans les parcelles témoins (Hartnett et Bazzaz 1983).

2.5.2 Fertilisation de la chicouté

Dans cette étude, l'influence positive du traitement sur la surface foliaire par feuille et la densité de ramets s'expliquerait, en combinaison avec le sectionnement, par la composante fertilisation. L'ajout d'azote ou de phosphore a déjà été évoqué comme une cause d'une augmentation du nombre de ramets de chicouté en tourbière naturelle (Kortesharju et Rantala 1980). Le développement végétatif de la chicouté semble aussi être stimulé par l'addition d'azote (Østgård 1964). C'est pourquoi un accroissement de la densité de ramets

et de la productivité des parties aériennes était attendu dans cette expérience. De fait, un plus grand nombre de ramets et de feuilles par m² a été observé au cours de la troisième année du suivi. Les résultats obtenus dans la tourbière naturelle de Pointe-Lebel montrent aussi un effet positif de la fertilisation (combinée au sectionnement) sur la taille des feuilles, du moins pour la seconde année du suivi, tout comme cela a déjà été souligné à la suite de traitements à l'aide de différents types de fertilisants en Europe ((Kortesharju et Rantala 1980); Sandved 1975 dans (Mäkinen et Oikarinen 1974)). Peut-être le fait d'avoir des feuilles plus grandes a-t-il permis aux individus d'accumuler plus de réserves dans leurs rhizomes, causant ainsi la plus grande production de ramets au cours de la troisième année de l'expérience ?

Dans cette étude, l'ajout de fertilisant n'a pas permis d'augmenter le rendement fruitier ou encore la masse des fruits. Seulement une augmentation de la densité de fleurs a pu être observée malgré qu'une plus grande quantité avortaient dans les parcelles sectionnées et fertilisées. Taylor (1971) mentionne une croissance luxuriante et une floraison prolifique à la suite d'une fertilisation organique aérienne comportant une grande quantité de phosphore. Une autre expérience menée en Finlande sur l'effet de l'application de fertilisant en profondeur rapporte une faible augmentation du nombre de fleurs suite à l'ajout d'azote et de phosphore mais aucun effet sur la production de fruits n'a été observé (Kortesharju et Rantala 1980). En fait, selon les auteurs, aucune différence n'a été observée dans le rendement et les fruits étaient exceptionnellement petits (0,5g). D'un autre côté, une étude de Lid et *al.* (1961) (dans Mäkinen et Oikarinen 1974) montre que des traitements de phosphore+potassium et azote+phosphore+potassium augmentent le nombre et la masse des fruits. Enfin, Østgård (1964) rapporte un effet du phosphore et du fertilisant complet (NPK) sur le rendement en fruits dans seulement 2 expériences sur 15. Une croissance vigoureuse des autres espèces a aussi été observée suite à l'application de fertilisant. Les conclusions des expériences sur la fertilisation chez la chicouté sont plutôt mitigées, les résultats sont de faible intensité ou alors ils sont peu encourageants (Buttingsryd 1955, Mäkinen et Oikarinen 1974). Ces résultats mitigés nous portent à croire que malgré la faible disponibilité des nutriments dans les tourbières, ces derniers ne seraient pas le facteur le plus limitant pour la floraison et la fructification chez la chicouté. Peut-être le problème se

situe-t-il au niveau environnemental ou au niveau physiologique par les mécanismes de translocation du carbone entre les ramets (Jean et Lapointe 2001) ?

2.6 Conclusion

Une augmentation de la productivité de la chicouté suite à la mise en place du dispositif a été observée seulement au cours de la troisième année. Malgré que la surface foliaire par feuille ait été favorisée par le traitement de sectionnement des rhizomes et de fertilisation au cours de la seconde année, c'est vraiment par la production d'un plus grand nombre de ramets, feuilles et fleurs observés que l'on peut constater un effet positif du traitement et espérer un plus grand rendement de fruits. C'est donc une réponse partielle à l'objectif de départ d'améliorer la productivité des populations naturelles de chicouté puisqu'à ce jour aucun effet n'a été observé sur la réponse des fruits. Il serait toutefois intéressant de poursuivre le suivi pendant quelques années afin de confirmer si l'augmentation du nombre de ramets, de feuilles et de fleurs dans les parcelles traitées se transformera en augmentation du rendement. Dans les expériences futures, l'application de fertilisant devrait cibler plus particulièrement l'augmentation du rendement fruitier, par exemple à l'aide de bore. Aussi, il pourrait être avantageux de combiner le traitement de sectionnement et de fertilisation avec un contrôle des plantes compétitrices et un travail du sol. Il pourrait s'agir par exemple d'un brûlage très tôt au printemps, de l'utilisation de paillis, du fauchage, du labour, du hersage, de l'excavation de fossés selon les ressources monétaires et matérielles disponibles, les règlements en vigueur dans les différentes régions et l'accessibilité des tourbières. Jusqu'à maintenant, les résultats de cette expérience ont permis d'apporter une solution fragmentaire au rendement de fruits plutôt limité de la chicouté en tourbière naturelle.

Chapitre 3 Effet de l'utilisation d'un brise-vent, de la longueur et profondeur de plantation ainsi que de la saison de l'implantation de la chicouté en tourbière résiduelle

3.1 Résumé

À la suite de l'abandon de sites exploités pour la tourbe horticole, trois expériences visant à optimiser le succès d'implantation de la chicouté et sa productivité dans ces milieux ont été mises en place. Une expérience testant l'influence d'un brise-vent sur la productivité de la chicouté et sur les conditions micro-climatiques a permis de conclure qu'à court terme aucun impact n'était observé sur la survie de la chicouté mais que des effets se faisaient sentir sur le micro-climat : les parcelles protégées par un brise-vent présentent de plus grandes variations des températures minimales et maximales au cours de l'été. L'expérience sur la longueur des rhizomes et la profondeur de plantation en tourbière résiduelle a permis de déterminer que les rhizomes devraient avoir au moins 20 cm de longueur et être plantés à 5 cm sous la surface du sol afin d'obtenir un meilleur taux de survie. Enfin, l'avantage de la plantation à l'automne sur la survie des rhizomes de chicouté a été mis en évidence au cours de la troisième expérience en tourbière résiduelle.

3.2 Introduction

L'exploitation des tourbières à des fins horticoles entraîne, suite à l'abandon des activités, de vastes milieux qui pourront être restaurés (Rocheffort *et al.* 2003) ou réaménagés selon les caractéristiques du site. Un site peu propice à la restauration ne possède qu'une mince couche de tourbe sur le sol minéral, soit en général moins de 50 cm; la chimie de l'eau n'est plus celle généralement associée aux milieux dominés par les sphaignes (pH supérieur à 5,1 et une conductivité électrique supérieure à 100S/cm); le remouillage du site y est difficile et on y observe une grande colonisation par les espèces envahissantes. Le réaménagement des tourbières, par exemple en plantation forestière sur tourbe ou en production de petits fruits, peut être réalisé seul ou de concert avec la restauration écologique lorsque les conditions le permettent. Avant d'introduire une espèce en milieu résiduel, il est important de savoir que l'extraction de la tourbe a d'importantes conséquences sur l'hydrologie des tourbières: compression de la tourbe, fluctuation accrue de la nappe phréatique, faible rétention de l'eau, etc. (Price *et al.* 2003). Les tourbières résiduelles sont aussi des milieux susceptibles à l'érosion par les forts vents (Campbell *et al.* 2002), à l'oxydation de la tourbe (Waddington et McNeil 2002) et elles demeurent des milieux avec de faibles teneurs en nutriments (Wind-Mulder *et al.* 1996). Ce n'est donc pas n'importe quelle espèce fruitière ou maraîchère qui peut être implantée sur les sites résiduels et certains travaux d'aménagement, comme le blocage des canaux de drainage d'exploitation, doivent parfois être réalisés.

Il reste cependant que la mise en place d'une culture de petits fruits apporte une valeur ajoutée aux sites résiduels. Plusieurs espèces fruitières telles que la canneberge (*Vaccinium oxycoccus* L.), le bleuet nain et de corymbe (*Vaccinium angustifolium* Ait. et *corymbosum* L.), l'aronia noir (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott), l'amélanchier (*Amelanchier alnifolia* (Nutt.) Nutt. ex M. Roemer) et le sureau blanc (*Sambucus canadensis*) ont fait l'objet d'essais sur le potentiel de la production fruitière en tourbière résiduelle en Europe (Selin 1996, Paal et Paal 2002, Noormets *et al.* 2004) et en Amérique du Nord (Lévesque 1982, Selin 1996, Paal et Paal 2002, Noormets *et al.* 2004, Bussièrès 2005). L'espèce choisie dans le cadre de la présente étude est la chicouté (*Rubus chamaemorus* L.) qui prospère déjà dans les tourbières de la Côte-Nord où nos dispositifs expérimentaux ont été

mis en place. À ce jour, des essais de propagation par fragments de rhizome avec tige aérienne ont été tentés et environ la moitié des fragments formeraient des racines (Østgård 1964). D'après Mäkinen et Oikarinen (1974) le pourcentage de survie pourrait aller jusqu'à 100% avec l'utilisation d'une technique rigoureuse. Des recommandations sur les pratiques d'aménagement ont été présentées dans le guide de culture de la chicouté publié à la suite de travaux de recherches réalisés sur cette espèce depuis une vingtaine d'années en Norvège (Rapp 2004a). C'est à partir des lignes directrices de ce guide et des connaissances actuelles sur la chicouté qu'ont été élaborées trois expériences en tourbière résiduelle.

L'objectif général de cette étude est la mise en valeur des tourbières résiduelles via l'implantation d'une culture de chicouté. Malgré les connaissances actuelles en provenance des pays scandinaves sur la mise en place de cultures de chicouté, plusieurs paramètres doivent encore être clarifiés spécialement dans le contexte climatique de l'est du Québec.

Plus spécifiquement, dans une première expérience, nous cherchons à savoir si la présence d'une protection telle qu'un brise-vent, de type clôture à neige, donnerait lieu à une meilleure productivité de la chicouté. En ce sens, nous avons émis l'hypothèse que la mise en place d'un brise-vent augmentera la température au niveau du sol au printemps et diminuera les risques de gel affectant la chicouté.

Dans une deuxième expérience nous désirons préciser les recommandations à apporter au niveau de la longueur et de la profondeur de plantation des rhizomes qui ont été cueillis en tourbière naturelle et transplantés en tourbière résiduelle. Nous pensons suite à la lecture des recommandations du guide norvégien de culture de la chicouté que les rhizomes les plus longs, soit ceux de 25 cm, plantés à 5 cm de profondeur (plutôt que 10 cm) seront ceux qui présenteront la plus grande survie.

Finalement, par une troisième expérience nous cherchons à connaître la meilleure saison de plantation des rhizomes de chicouté afin d'optimiser la survie des rhizomes. Nous avons donc émis l'hypothèse que les rhizomes plantés au printemps seront ceux qui présenteront le meilleur taux de survie.

3.3 Matériel et méthodes

3.3.1 Site expérimental

Les trois expériences en tourbière résiduelle ont été réalisées à Pointe-Lebel (49° 10' 00" N - 68° 12' 00" O), dans la région de la Côte-Nord, sur une planche abandonnée par la compagnie Premier Horticulture qui exploite et transforme la tourbe de sphaigne. La planche où les expériences ont été mises en place est entourée de deux canaux de drainage bloqués et un barrage a été mis en place à une extrémité de la planche afin de maintenir le niveau de la nappe phréatique à environ 50 cm sous la surface du sol. Au printemps et à l'automne, le niveau de la nappe phréatique sur le site était d'environ -30 à -50 cm alors qu'au cours de l'été, il a varié entre -45 et -130 cm (G.Théroux-Rancourt, comm. pers.). La tourbe résiduelle est assez décomposée et correspond en moyenne à une tourbe H4 selon l'échelle de Von Post (Théroux Rancourt 2007). Le vent dominant sur la tourbière pour la saison de l'été est principalement du sud-ouest. Pour les conditions météorologiques du site, voir le tableau 1 du chapitre 2. Les rhizomes utilisés pour ces expériences provenaient de la tourbière exploitée de Premier Horticulture. Ils ont été récoltés sur les bords des canaux de drainage où on en retrouvait en abondance. Les rhizomes ont été récoltés au printemps juste avant la plantation (2005) pour l'expérience des brise-vent, à l'automne (2004) pour celle de la longueur des rhizomes et de la profondeur de plantation et ceux pour l'expérience de la saison de plantation ont été récoltés à l'une ou l'autre de ces deux périodes.

3.3.2 Mise en place du dispositif

Les brise-vent sous forme d'arbustes ou d'arbres seraient avantageux dans les tourbières naturelles ombrotrophes (Rapp 2004a). Selon le guide norvégien de culture de la chicouté, les résultats se feraient surtout sentir au niveau des conditions de pollinisation. Toutefois, peu de données à ce sujet sont rapportées dans la littérature; Østgård (1964) en fait sommairement une mention positive dans ses études. Pour tester l'effet brise-vent sur l'établissement de la chicouté trois clôtures à neige ont été installées perpendiculairement aux vents dominants (sud-ouest). De part et d'autre, des rangs de 10 rhizomes de chicouté ont été plantés aux distances suivantes de la clôture : 20, 80, 120, et 200 cm (printemps 2005). La profondeur de plantation de la chicouté était de 7 cm et les rhizomes avaient 15

cm de longueur. Ce dispositif comportait 3 parcelles de 4,2 m par 3,3 m, chacune étant divisée en 2 parties par la clôture à neige. Il s'agit donc d'un dispositif où les données sont appariées. La clôture à neige mesurait 0,45 m de hauteur par 5 m de longueur et a une porosité d'environ 37%. Elle a été disposée à 8 cm au-dessus du sol. L'impact de la clôture à neige a été évalué sur le régime de température à l'aide de sondes d'enregistrement de la température (HOBO 4 EXT # H08-008- 04, Onset, Massachussets) placées au centre de chacun des rangs de chicouté (4 sondes de chaque côté de chacun des brise-vent). Des données de la couche nivale ont été prises en janvier, février et mars (2006) à l'aide de poteaux gradués disposés dans les parcelles et ce, afin d'évaluer l'impact de la clôture à neige sur cette variable.

La longueur des rhizomes plantés est importante puisque la quantité de réserves emmagasinée joue un rôle primordial dans la productivité du plant (Jean et Lapointe 2001). Toujours selon le guide norvégien de culture de la chicouté, les segments de rhizomes sélectionnés pour la plantation devraient avoir de 10 à 15 cm de long. Les rhizomes devraient être plantés à une profondeur de 5 à 10 cm et les boutures à 10 cm (Rapp *et al.* 2000, Rapp 2004a). La profondeur a certainement un effet sur le taux de survie via l'épuisement des réserves. Une diminution de la vigueur des tiges aériennes aurait été observée avec la plantation en profondeur chez le *Rumex alpinus*, une autre espèce clonale (Klimes *et al.* 1993). Le guide recommande la plantation de cultivars plus coûteux et moins accessibles que des rhizomes provenant des populations naturelles. L'effet de la profondeur de plantation, (5 ou 10 cm) et de la longueur des rhizomes (15, 20, ou 25 cm) sur l'établissement de la chicouté a donc été testé à l'aide d'un dispositif en plan complètement aléatoire répliqué quatre fois. Les différentes longueurs de rhizome ont été testées aux 2 profondeurs. Dans chacune des parcelles de 2,25 m par 2,45 m ont été plantés 6 rangs de cinq rhizomes de chicouté espacés de 30 cm chacun à l'automne 2004. L'espacement entre les rangs était de 45 cm.

La saison de plantation est un facteur pouvant possiblement affecter la survie du rhizome et la croissance initiale du plant. Chez les espèces clonales il y aurait généralement un patron cyclique de la croissance (au printemps) et de l'emmagasinement des réserves (à l'automne; (Gallagher 1983, Gallagher *et al.* 1984, Bernard 1990). L'impact de la saison de plantation

(automne versus printemps) sur le taux de survie et la croissance de la chicouté a été testé à l'aide d'un dispositif en plan complètement aléatoire répliqué 6 fois. Dans chacune des parcelles de 2,25 m par 2,45 m, 6 rangs de cinq rhizomes de chicouté ont été plantés soit à l'automne (2004), soit au début du printemps (2005). Les rhizomes de 20 cm de longueur ont été plantés à 30 cm les uns des autres. L'espace entre les rangs était de 45 cm et la profondeur de plantation 7 cm.

3.3.3 Paramètres évalués

Le taux de survie de la chicouté a été évalué la première année après la plantation par un décompte du nombre de tiges dans les parcelles des différents dispositifs sur la quantité de rhizomes plantés alors que pour la seconde année le taux de survie a été calculé en prenant le nombre d'individus observés sur le nombre d'individus qui avaient été comptés l'année précédente. Un décompte du nombre de feuilles par m² a aussi été réalisé. Une mesure de la diagonale des feuilles a été prise au début août dans le but de calculer la surface foliaire par feuille des ramets par régression. L'équation suivante a été utilisée: $Surface = 0,5242 \times e^{(0,7158 \times diagonale)}$. Le R² de cette équation était de 0,956 et le *P* était inférieur à 0,001. Il est à noter que cette formule n'est valable que pour de petites feuilles i.e. moins de 3 cm de diamètre, ce qui était le cas dans les parcelles étudiées. Pour les trois expériences, les mesures ont été prises au mois d'août de la première année de sa mise en place puis un second suivi a été réalisé au mois d'août de la deuxième année.

3.3.4 Analyses statistiques

Les variables nombre de ramets et nombre de feuilles ainsi que la surface foliaire par feuille ont été comparées pour les parcelles exposées et protégées du vent à l'aide d'un test de *t* pour données appariées. Compte tenu du faible nombre de plants qui ont survécu, il n'a pas été possible de tester l'impact de l'effet de la distance au brise-vent et les différentes variables biotiques ont été estimées pour l'ensemble de la parcelle. En effet, une analyse préliminaire des données nous a montré qu'il n'y avait aucune différence de température entre les quatre sondes situées d'un même côté de la clôture à neige. Pour tous les tests statistiques de cette expérience, le logiciel *Statistix 8* a été utilisé (Statistix 8, Version 8.0, Analytical Software). Pour les données de température, les courbes cumulatives des températures minimales et maximales ont été réalisées à l'aide des logiciels Excel XP

(Microsoft) et Sigma Plot 8.0. Les données de l'épaisseur de la neige ont été analysées en ANOVAs à une voie à l'aide du logiciel *Statistix 8*.

Dans l'expérience testant l'effet combiné de la profondeur et de la longueur des rhizomes, le nombre d'individus, le nombre de feuilles et la surface foliaire par feuille ont été analysés pour chaque année avec des ANOVAs à deux critères de classification (facteurs : longueur et profondeur). Des tests de comparaisons multiples de type LSD ont ensuite été réalisés. À cette fin, le logiciel *Statistix 8* a été utilisé (Statistix 8, Version 8.0, Analytical Software).

Dans l'expérience testant l'effet de la saison de plantation, le nombre d'individus, le nombre de feuilles et la surface foliaire ont été analysés pour chaque année avec des tests de t pour comparaison de deux moyennes. Pour tous les tests statistiques de cette expérience, le logiciel *Statistix 8* a été utilisé (Statistix 8, Version 8.0, Analytical Software).

3.4 Résultats

3.4.1 Effet des brise-vent

3.4.1.1 Survie et croissance

Le pourcentage de survie, le nombre de feuilles par m² et la surface foliaire par feuille mesurés en août sont présentés à la figure 2 pour les parcelles exposées et protégées du vent. Aucune différence significative entre le pourcentage de survie, le nombre de feuilles par m² et les surfaces foliaires entre les parcelles exposées et protégées du vent n'a été révélée ($P_{\text{tests Tappariés}} > 0,05$; août; Annexe 3). En 2006, nous avons observé les mêmes tendances (données non présentées).

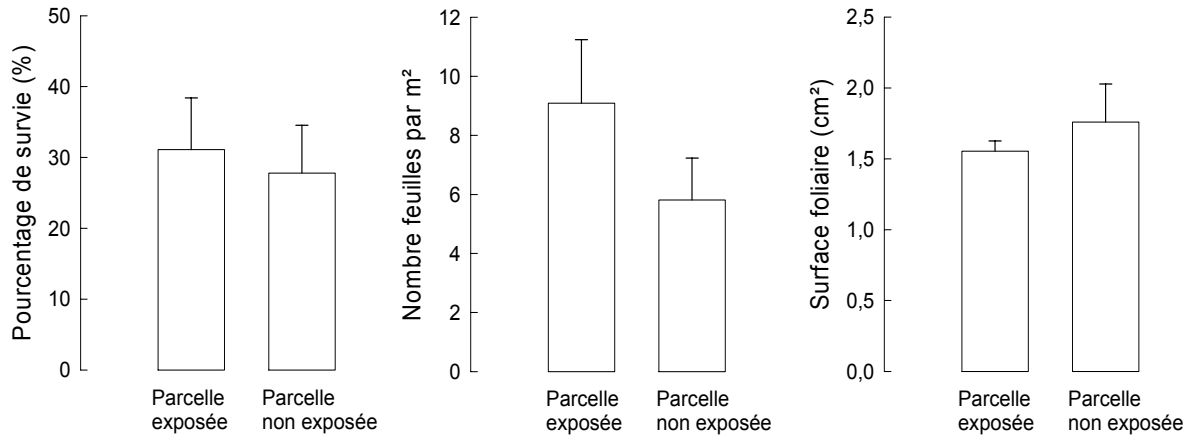


Figure 2: Pourcentage de survie, nombre de feuilles ainsi que les surfaces foliaires en parcelles exposées ou protégées du vent (moyennes \pm erreur-types).

3.4.1.2 Le microclimat

Au printemps, aucune différence entre les 2 parcelles pour les températures minimales et maximales n'était observée (Figure 3 a) et b)). Le patron de l'été était cependant différent : les températures minimales étaient inférieures dans la parcelle protégée et les températures maximales y étaient supérieures. L'enregistrement des températures du printemps a débuté le 18 avril et s'est terminé le 31 mai alors que l'enregistrement des températures de l'été a débuté le 1 juin et s'est terminé le 27 juillet (2005).

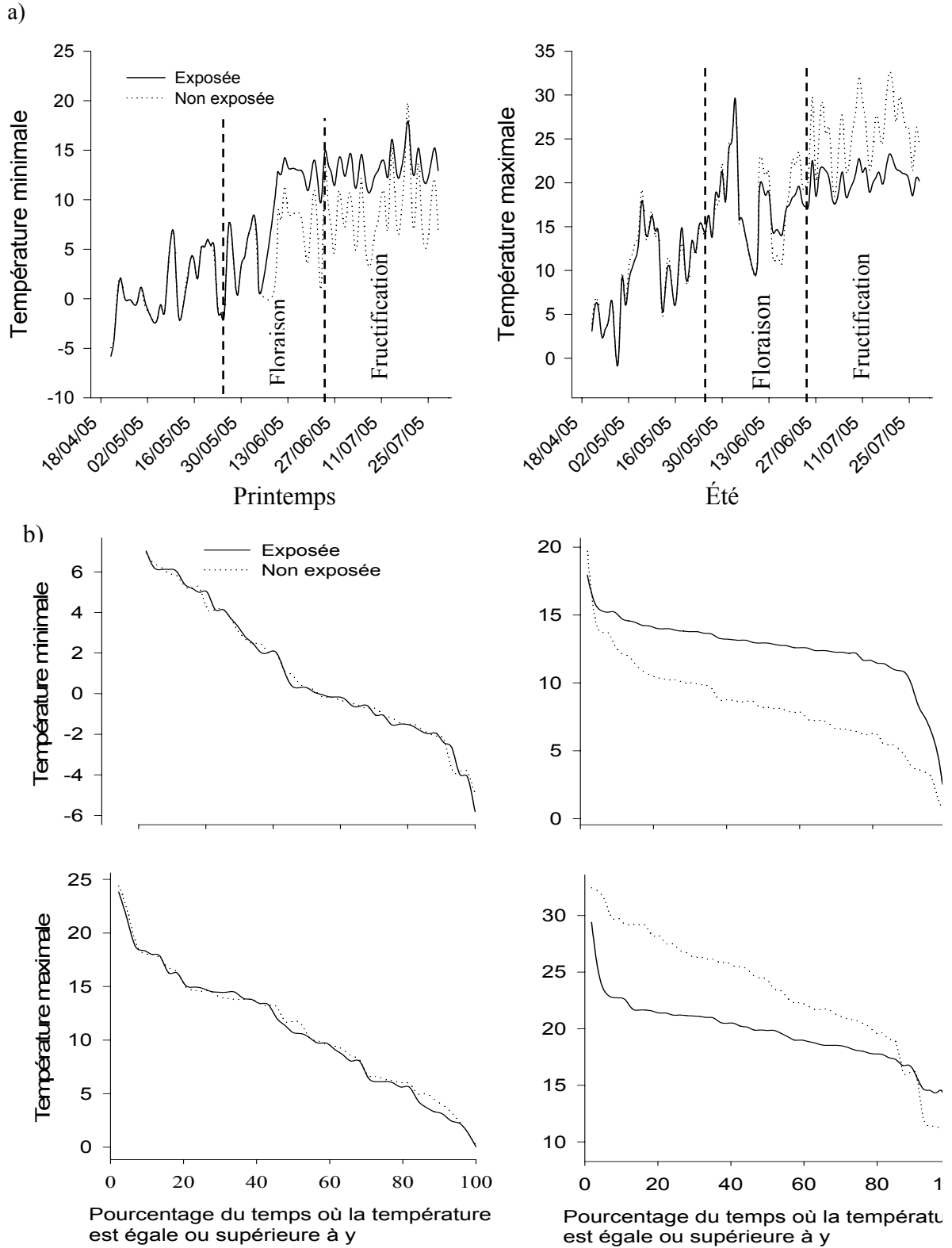


Figure 3 : a) Courbes des températures minimales et maximales (°C) en fonction du temps
 b) courbes cumulatives calculées à partir des données journalières de températures minimales et maximales en parcelle exposée et en parcelle non exposée au vent.

L'épaisseur de la neige était semblable dans les différentes parcelles du dispositif brise-vent. Des différences ont pu être observées seulement en janvier où les parcelles exposées au vent présentaient une couche de neige plus épaisse (Tableau 3).

Tableau 3 : Épaisseur de la neige (cm) sur le dispositif brise-vent

	Parcelle exposée	Parcelle protégée	F	P
Épaisseur de la neige (cm): Janvier	13,3	7,8	5,73	0,04
Épaisseur de la neige (cm): Février	22,6	22,5	0,00	0,96
Épaisseur de la neige (cm): Mars	31,4	31,7	0,02	0,90
Épaisseur de la neige (cm): Hiver 2006 (moyenne)	22,4	20,7	1,22	0,30

3.4.2 Effet de la longueur des rhizomes et de la profondeur de plantation

Pour la première année, la survie ($P_{\text{long}}=0,001$ et $P_{\text{prof}}=0,008$) et le nombre de feuilles par m^2 ($P_{\text{long}}=0,001$ et $P_{\text{prof}}=0,04$) diffèrent selon les traitements appliqués. La profondeur 5 cm et les longueurs 20 et 25 cm ont donné des taux de survie supérieurs, le nombre d'individus et de feuilles étant significativement plus élevé dans ces parcelles (Figure 4a) et Annexe 3). Pour la surface foliaire, seulement la longueur du rhizome a eu un effet significatif ($P_{\text{long}}=0,03$ et $P_{\text{prof}}=0,57$). À la seconde année, les rhizomes de 20 et 25 cm ont présenté une plus grande survie que ceux de 15 cm qui était nulle pour la profondeur 10 cm ($P_{\text{long}}=0,05$; figure 4b). Pour les autres variables aucun effet significatif n'a été détecté (Annexe 3). De plus, il faut noter, l'absence d'effet significatif de la profondeur de plantation à la deuxième année du suivi ($P_{\text{prof}}= 0,40$). Aucune des interactions profondeur \times longueur du rhizome n'était significative.

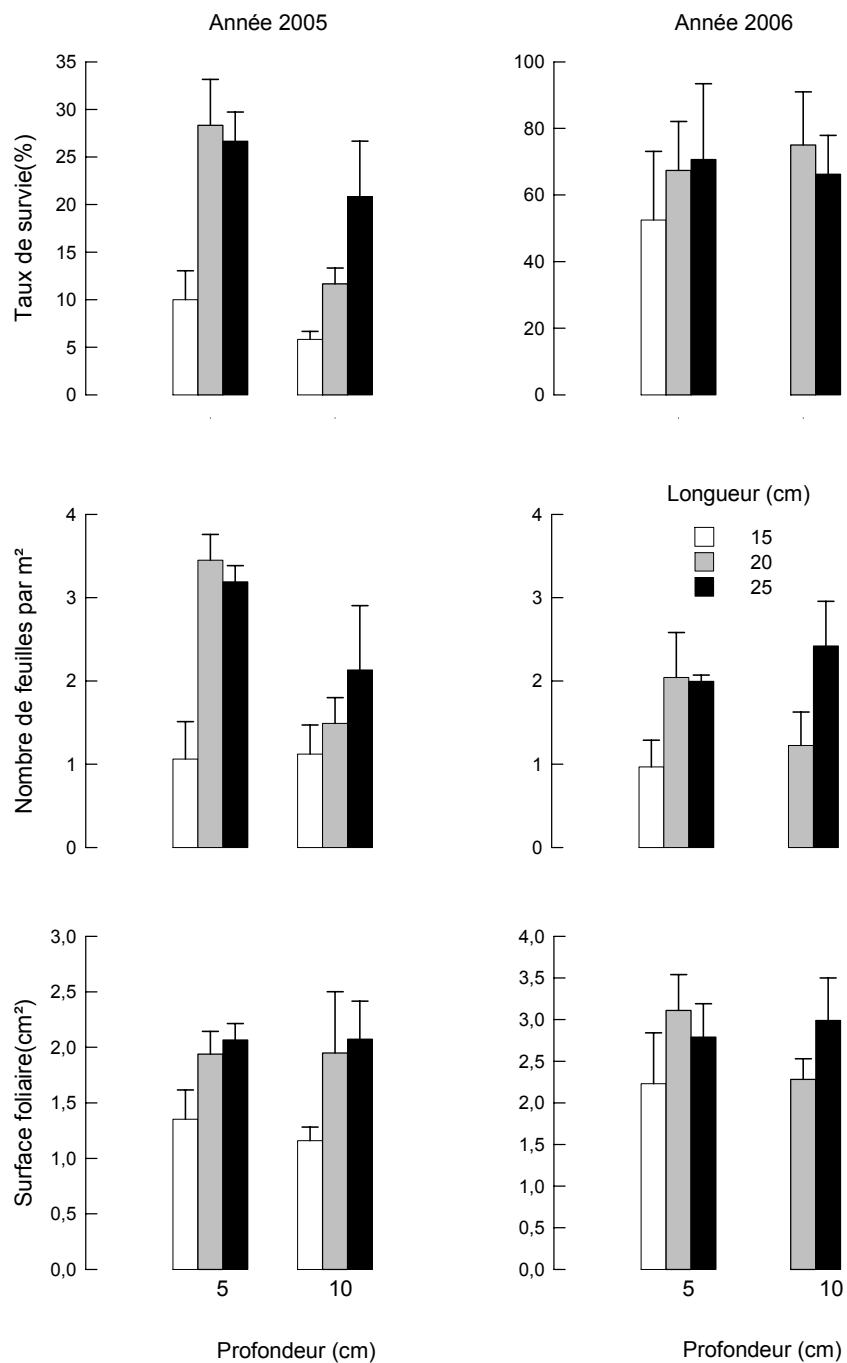


Figure 4: Pourcentage de survie, nombre de feuilles par m² et surface foliaire par feuille pour les différentes combinaisons de profondeurs et de longueurs des rhizomes lors de la plantation (profondeurs 5 cm et 10 cm et les longueurs 15, 20 et 25 cm (moyennes \pm erreur-types)) en a) 2005 et b) 2006.

3.4.3 Effet de la saison de plantation des rhizomes

Au cours de la première année d'étude, une plus grande survie et plus de feuilles ont été dénombrées dans les parcelles où la plantation des rhizomes a été effectuée à l'automne (Tableau 4 et Figure 5). La plantation n'a cependant pas eu d'impact sur la surface foliaire par feuille des individus émergés. Le taux de mortalité hivernal a été semblable pour les deux groupes de plantes ce qui fait que la survie de la deuxième année est semblable. Cependant, le nombre de feuilles demeure plus faible chez les rhizomes plantés au printemps même après deux saisons de croissance.

Tableau 4 : Valeurs du t de Student et du P pour les analyses des tests de t pour données appariées pour les variables survie, nombre de feuilles et surface foliaire par feuille (expérience saison de plantation).

Source de variation	dl	t	P	Transformation
Première année (2005)				
Survie (août)	10	2,49	0,03	-
Nombre de feuilles (août)	6,9	2,40	0,05	-
Surface foliaire par feuille (août)	10	-0,98	0,35	Ln(x+1)
Deuxième année (2006)				
Survie (août)	11	0,18	0,68	-
Nombre de feuilles (août)	10	2,49	0,03	-
Surface foliaire par feuille (août)	5,7	1,73	0,14	-

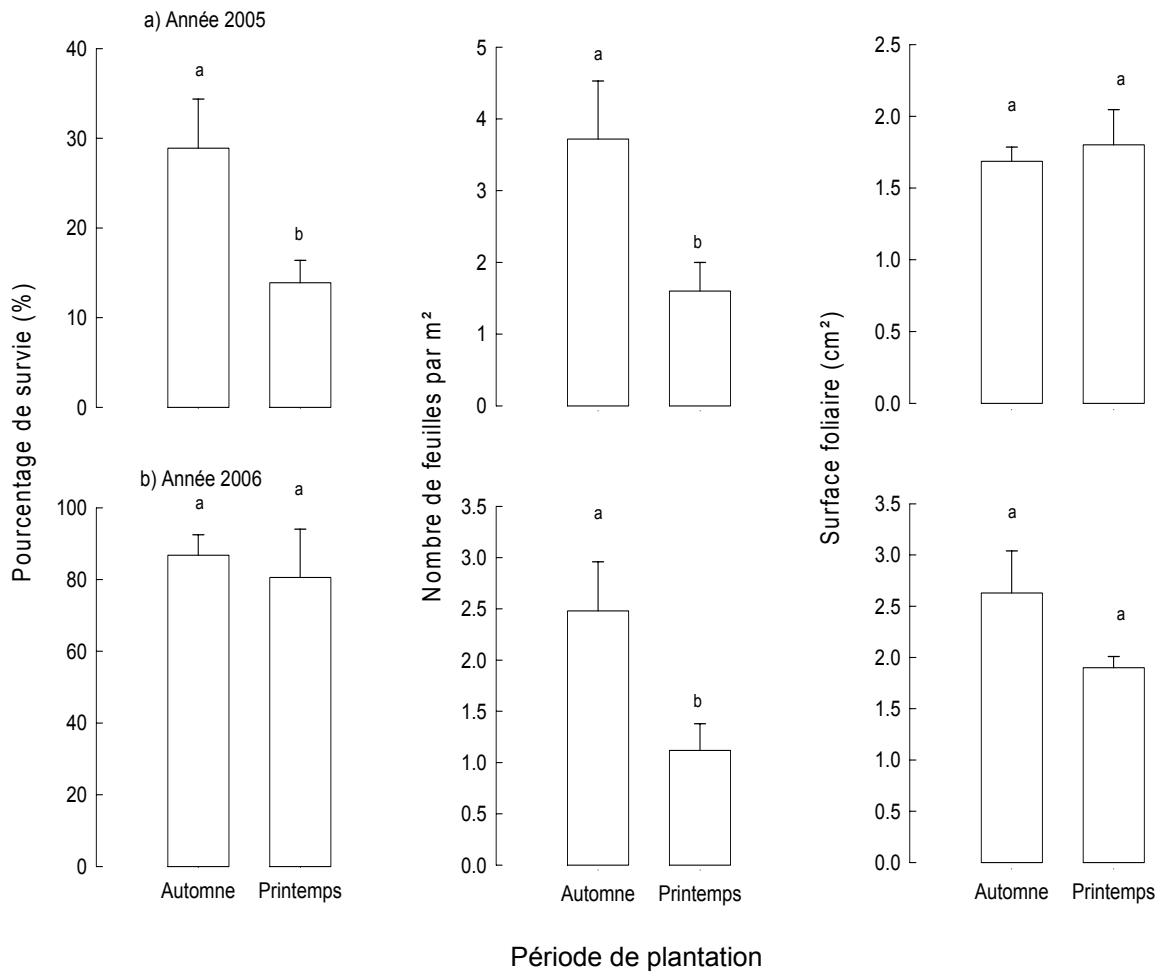


Figure 5: Pourcentage de survie, nombre de feuilles par m² et surface foliaire par feuille dans les parcelles où la plantation des rhizomes a eu lieu à l'automne et dans celles où elle a eu lieu au printemps (moyennes ± erreur-types) pour a) 2005 et b) 2006 ($P \leq 0,05$; test de *t*).

3.5 Discussion

3.5.1 Effet des brise-vent

Dans cette étude, le brise-vent n'a eu aucun impact sur le taux de reprise et la croissance de la chicouté (Figure 2). Cependant, le principal impact du brise-vent sur la chicouté n'était pas attendu sur la survie, mais plutôt sur la mise à fruits et, comme aucun fruit n'a été produit lors de la période d'étude nous n'avons pu étudier ce paramètre. À la lumière des résultats sur les mesures de température (Figure 3), les parcelles protégées du vent par la clôture à neige sont celles où l'écart de température a été le plus important.

Scott et Rouse (1995) mentionnent que la température au sol près des clôtures à neige augmenterait en hiver et serait plus humide et fraîche en été. Pour ce qui est de la saison estivale, nous avons effectivement remarqué dans notre étude une température plus fraîche la nuit en été du côté protégé du vent mais aussi des températures maximales supérieures durant le jour (Figure 3). Cet effet pourrait dissuader certains insectes pollinisateurs car des températures au-dessus de 30°C pourraient interrompre les activités pollinisatrices. De plus, le froid, la pluie et le vent entravent l'activité des pollinisateurs et, en conséquence, de faibles rendements peuvent en résulter (Hippa *et al.* 1981a, 1981c). De fait, Brown (2005) a observé qu'à des vitesses supérieures à 10m/s, il y a peu d'activité des insectes pollinisateurs de la chicouté et que leur temps de résidence dans chaque fleur est accru lors de périodes très venteuses, donc pour une même période de temps moins de fleurs seront pollinisées. Il est donc possible que les clôtures à neige influencent également la vitesse du vent et favorisent la pollinisation malgré des effets mitigés du côté des températures. Il faudrait mesurer éventuellement la vitesse du vent d'un côté et de l'autre de la clôture. Par ailleurs, les températures plus fraîches la nuit en été (Figure 3; températures minimales) sont probablement positives pour une espèce subarctique comme la chicouté alors que les températures élevées le jour (Figure 3; températures maximales supérieures à 30 °C) pourraient être problématiques. Un suivi à plus long terme permettrait de mieux discerner les impacts de ces différences de température sur la croissance, la pollinisation et la production de fruits chez la chicouté.

Les connaissances québécoises acquises sur les pratiques culturales dans les bleuetières pourraient être intéressantes dans le contexte de notre étude. Les plants de bleuets sont vulnérables au gel et la mise en place de haies dans les bleuetières permet une accumulation de neige et un ralentissement du vent (Freulon *et al.* 1997). Selon Lavoie (1971), le degré d'enneigement aurait une influence considérable sur le taux de survie des bourgeons floraux et des rendements en bleuets. Rapp *et al.* (1993) ont proposé que l'utilisation de clôtures à neige pourrait être utile pour la chicouté en raison de l'accumulation de neige qui repousserait la période de floraison. Cela pourrait permettre d'éviter des dommages causés par le gel. Cependant, il semble que la chicouté ne réponde pas de la même façon en terme de résistance au gel que les plants de bleuets. Selon Kortesharju (1995), elle serait plutôt favorisée par des conditions instables de la couverture de neige qui lui procurerait une

meilleure tolérance au gel. Il s'agit peut-être d'un durcissement au froid chez les clones qui subissent des variations importantes au niveau de l'épaisseur de la neige? Néanmoins, nos résultats ne montrent pas d'accumulation de neige du côté protégé, et même une diminution en janvier peut-être causé par des vents d'orientation différente durant les tempêtes de neige. La présence d'arbres ou d'arbustes dans la plantation de chicouté pourrait s'avérer plus intéressante pour favoriser l'accumulation de neige que des haies.

3.5.2 Effet de la longueur des rhizomes et profondeur de plantation

Les résultats ont montré que la longueur minimale des rhizomes doit être de 20 cm et la profondeur de plantation de 5 cm sous la surface (Figure 4 et Annexe 3). Une expérience similaire à la nôtre mettant en relation les facteurs longueur des rhizomes et profondeur de plantation a été menée sur *Agrostis castellana*, une mauvaise herbe commune dans les pâturages en Australie et les auteurs rapportent une production de tiges aériennes inférieure à 10% lorsque les rhizomes les plus courts (longueurs : 15 mm vs 40 et 100 mm) sont plantés à plus de 75 mm de profondeur (profondeurs : 25, 50, 75, 100 et 200 mm) (Batson 1998). L'incapacité d'amener une tige jusqu'à la surface lorsque les rhizomes sont très fragmentés et se trouvent en profondeur serait expliquée par une insuffisance de réserves énergétiques; l'intégration physiologique serait rompue suite au sectionnement et les ramets, dorénavant isolés, doivent survivre aux conditions adverses avec seulement les réserves emmagasinées dans leur partie persistante (Marshall 1990). La plus faible émergence observée dans notre expérience avec les sections de rhizomes les plus courtes (15 cm) plantées à la plus grande profondeur (10 cm) est tout à fait en accord avec les résultats rapportés par Håkansson (1971) chez l'*Agropyron. repens*, par Harris et Davy (1986) chez l'*Elymus farctus* et par Ivany (1997) chez la *Mentha arvensis*. Cain (1990) a lui aussi suggéré que la taille du ramet était en relation directe avec la taille du rhizome qui le supporte dans une étude portant sur *Solidago altissima*. La chicouté a une capacité réduite d'entreposage des sucres, les carbohydrates comptant pour seulement 23% de la biomasse sèche du rhizome, ce qui correspond à une capacité au moins 20% inférieure à certaines plantes de printemps éphémères (Lapointe et Molard 1997, Lapointe 1998). Donc, c'est peut-être cette contrainte physiologique qui a contribué à un taux de survie plus faible chez les petits rhizomes de chicouté dans cette expérience pour des rhizomes de 15 cm alors que chez plusieurs espèces à rhizomes, 15 cm est amplement suffisant (Daniels 1985).

Les résultats pour la première année ont montré que la profondeur de plantation de 5 cm sous la surface était avantageuse (Figure 4). Une hypothèse pour expliquer le taux de survie initial et la taille inférieurs (nombre de feuilles) pour les individus plantés en profondeur pourrait être les conditions anaérobiques habituellement rencontrées lorsqu'on descend dans le profil du sol. Lors d'une étude sur 4 espèces de marais salés côtiers (*Deschampsia cespitosa*, *Distichlis spicata*, *Grindelia integrifolia*, et *Salicornia virginica*), environ 65% des rhizomes et racines ont été observés dans les 10 premiers cm du profil, probablement en raison de l'humidité du sol et de l'oxygène qui y seraient plus équitablement distribués (Seliskar 1983). Cependant, le problème de l'anaérobie est peut-être moindre en tourbière résiduelle où la nappe phréatique est généralement basse, pouvant atteindre -40 cm et plus au cours de l'été (Price 1997, Price 2001, Price 2003, Lavoie *et al.* 2005). Des valeurs autour de -10 cm ont été enregistrées sur le site au printemps (G. Théroix-Rancourt, comm. pers.). Cela suggère une moins grande disponibilité d'air dans le sol à une profondeur de 10 cm au printemps, donc des conditions difficiles pour le début de la croissance des rhizomes. De plus, le site où nous avons planté les rhizomes avait reçu les excédents de tourbe d'un site adjacent, les premiers centimètres étaient ainsi plus aérés. La compaction du sol pour les rhizomes plantés à 10 cm de profondeur pourrait aussi expliquer en partie la moins grande survie. Le manque d'énergie demeure toutefois l'hypothèse la plus plausible pour expliquer la relation entre la profondeur de plantation et le taux de survie de même qu'avec la taille des plants qui ont émergé. La vigueur des tiges aériennes avait aussi tendance à décroître avec la profondeur de la plantation chez une autre espèce clonale : *Rumex alpinus* (Klimes *et al.* 1993). Dans cette expérience, les rhizomes possédaient suffisamment de réserves de carbohydrates pour survivre sans photosynthèse mais l'absence complète de grains d'amidon à l'apex des rhizomes plantés le plus en profondeur donnent une indication imminente de l'épuisement des réserves. Dans la présente étude, l'effet de la profondeur de plantation n'a été observé qu'à la première année du suivi; le taux de survie était semblable à la deuxième année (Figure 4). Peut-être est-ce dû au fait que le bourgeon à la fin de la première année s'est mis en place au même niveau chez les deux groupes (profondeur 5 vs 10 cm) car il se développe à la base de la tige aérienne et non directement sur le rhizome. Ou alors peut-être est-ce dû au soulèvement gélival qui a été observé sur les parcelles au

début du printemps de la seconde année et qui aurait affecté les rhizomes les plus près de la surface.

3.5.3 Effet de la saison de plantation des rhizomes

Selon les résultats de cette expérience, la plantation à l'automne serait avantageuse en terme de survie et de nombre de feuilles produites (Figure 5). Une étude sur le potentiel pour la culture de chicouté en tourbière résiduelle menée au Nouveau-Brunswick rapporte, en revanche, une meilleure survie à la suite d'une plantation au printemps pour des rhizomes de source québécoise (Daigle et Chiasson 2005). Les rhizomes plantés au printemps au Nouveau-Brunswick avaient été récoltés à l'automne alors que dans notre étude les rhizomes plantés au printemps avaient été récoltés au printemps. Pour les rhizomes de source néo-brunswickoise, le taux de survie le plus élevé a été observé avec des rhizomes récoltés à l'automne et plantés à l'automne. Cependant, les résultats de cette étude n'ont pas encore été analysés statistiquement. Selon Rapp et *al.* (2000), il n'y aurait aucune différence pour l'émergence entre une plantation des rhizomes au printemps ou à l'automne.

Une expérience de restauration d'un pré de carex appuie l'idée que le printemps est la meilleure saison de plantation pour les plantes pérennes (Yetka et Galatowitsch 1999). L'expérience a eu lieu au Minnesota (44°48 N, 93°35' O) et une section d'environ 10 cm de la partie la plus jeune des rhizomes (apex) a été récoltée à la mi-septembre ou à la mi-mai pour être replantée deux jours plus tard. Pour une des deux espèces transplantées dans cette expérience (*Carex lacustris*), la survie s'est avérée plus grande suite à la plantation printanière (53,2% au printemps vs 0,7% à l'automne). Un manque de réserves souterraines au printemps suivant pour les individus plantés à l'automne ainsi que l'absence d'une tige aérienne qui permet chez ceux-ci le transport de l'oxygène au rhizome dormant auraient réduit la survie des plants (Wijte et Gallagher 1991, Yetka et Galatowitsch 1999). Cela ne semble pas avoir été le cas pour les rhizomes de chicouté plantés à l'automne dans notre expérience. Au contraire, peut-être que la plantation automnale a permis un enracinement hâtif au printemps suivant. Le fait de sectionner et transplanter les rhizomes les a peut-être levés de leur dormance. Les rhizomes peuvent débiter leur croissance deux mois après être entrés en dormance lorsque les températures le permettent soit à partir de 5°C (R. Gauci,

université Laval, données non publiées) et cela leur aurait permis de prendre de l'avance sur les rhizomes plantés au printemps; d'où de meilleures chances d'absorption des éléments essentiels par les racines et une survie accrue. L'effet de la période de plantation n'a été observé que pour l'année suivant la plantation (Figure 5), le taux de survie s'était équilibré pour les deux groupes au second été du suivi.

3.6 Conclusion

La mise en place des brise-vent telle que réalisée dans cette expérience ne favorise pas présentement la survie de la chicouté ni sa croissance. Le brise-vent a cependant un impact sur le micro-climat, les parcelles exposées au vent ayant, en été, de plus petits écarts de température que les parcelles non exposées. De plus grands écarts de température pourraient peut-être nuire aux pollinisateurs surtout en ce qui a trait aux températures maximales diurnes. Par contre, l'absence de vent pourrait être un facteur qui accroît les chances de pollinisation puisque les insectes cessent de butiner lorsque les vents excèdent une vitesse critique qui varie selon l'espèce pollinisatrice. La poursuite du suivi à long terme de la phénologie de la chicouté et de l'activité des pollinisateurs selon la vitesse des vents permettrait de vérifier l'impact sur la production de fruits. Enfin, dans un même ordre d'idées, la plantation en milieu semi ouvert serait peut-être une voie prometteuse pour améliorer la productivité de la chicouté.

On sait maintenant que pour obtenir de meilleurs taux de survie lors des plantations en tourbière résiduelle, les rhizomes doivent être de plus de 20 cm et être plantés près de la surface du sol (-5 cm). La quantité de ressources emmagasinées pourrait-elle être le principal facteur influençant le taux d'émergence des ramets issus de rhizomes de différentes longueurs et plantés à différentes profondeurs? Il faudrait mesurer ce facteur dans les études futures. Pour atteindre un taux de survie acceptable d'autres paramètres devront être considérés: santé des rhizomes, présence de bourgeons terminaux, propriétés physiques du sol, etc. De plus, nous savons maintenant que la plantation de la chicouté doit être réalisée à l'automne contrairement à l'hypothèse que nous avons initialement émise. En effet, le taux de survie et le nombre de feuilles par m² étaient plus élevés dans les parcelles mises en place à l'automne que pour celles mises en place au printemps. Un argument supplémentaire en faveur de l'automne comme la meilleure saison de plantation pourrait être la plus grande disponibilité de main-d'œuvre à cette date dans un contexte de culture de chicouté menée par l'industrie de la tourbe. Enfin, pour obtenir un maximum d'informations sur la raison du succès de la plantation à l'automne, l'expérience pourrait être répétée à plus grande échelle et certains spécimens récoltés afin d'analyser les différences physiologiques et morphologiques favorisant les rhizomes plantés à l'automne :

abondance des racines, état de santé des rhizomes, contenus en sucres, etc. Une étude approfondie de la physique du sol et de l'hydrologie aux deux périodes de plantation pourrait également apporter des informations sur le succès de la plantation automnale.

Chapitre 4 Expérience en serre : effet de la plantation avec ou sans bourgeon terminal et de différentes doses de fertilisant sur la propagation végétative de la chicouté

4.1 Résumé

Trois expériences ont été mises en place en serre afin de déterminer quelles sont les conditions optimales pour la production de boutures de chicouté au niveau des caractéristiques de son rhizome et de la fertilisation. L'expérience visant à tester l'impact de la plantation de rhizomes avec et sans bourgeons terminaux a permis de conclure qu'il était avantageux, en termes d'émergence et de biomasse, de planter des individus possédant des bourgeons terminaux. Les deux expériences de fertilisation ont quant à elles permis de déterminer que l'utilisation de doses intermédiaires d'un fertilisant 13-13-13 était optimale (4g/L). Donc, la chicouté n'aurait pas besoin d'un apport en nutriments important pour présenter une bonne croissance en serre.

4.2 Introduction

La chicouté est une plante difficile à implanter avec succès en tourbière résiduelle. Le taux de survie suite à la plantation de rhizomes est d'environ 30% (obs. pers.). De plus, la propagation par graines ne serait pas profitable car en serre la première floraison se produit tardivement, soit 4 ou 5 ans après la plantation de la graine (Østgård 1964, Rapp *et al.* 2000, Rapp 2004a). Il est donc nécessaire de déterminer quelles seront les conditions de reproduction végétative qui mèneront à un taux de survie satisfaisant en champ suite à la transplantation des rhizomes multipliés en serre. À cette fin, trois expériences en serre ont été mises en place.

La production d'une tige aérienne dépendrait de la position du bourgeon sur le rhizome : un bourgeon en position apicale aurait plus de chances de devenir dominant qu'un bourgeon en position proximale, du moins chez l'*Elymus farctus* (Chancellor 1974). La décapitation effectuée lors de la coupe des rhizomes en fragments aurait pour effet de lever la dominance apicale. Celle-ci se définit comme le contrôle exercé par l'apex de la tige sur tous les bourgeons latéraux (Cline 1994). Cependant, les bourgeons terminaux sont souvent beaucoup plus développés et donc prêts à émerger que les bourgeons latéraux dormants. Ainsi, les fragments de rhizome plantés en serre pourraient peut-être être avantagés s'ils possèdent déjà un bourgeon terminal. Une expérience dans laquelle des individus avec et sans bourgeon terminal ont été plantés a été mise en place. Nous avons émis l'hypothèse que les rhizomes présentant des bourgeons terminaux lors de la plantation seraient ceux qui auront la plus grande croissance.

En ce qui concerne la fertilisation en serre peu de recommandations ont été émises en ce qui concerne la chicouté. La plupart du temps les gens utilisent des fertilisants complets de différentes formulations. Au cours d'une expérience norvégienne réalisée en serre 100 g de fertilisant 11-5-17 (NPK) pour 100 L de tourbe ont été utilisés (Rapp *et al.* 2003). Néanmoins, il y a peu de connaissances à ce sujet pour la production en serre, d'où la nécessité d'investiguer la fertilisation en serre chez la chicouté.

Dans les deux expériences sur la fertilisation, nous avons décidé d'utiliser un fertilisant à dissolution lente (principalement pour éviter la formation d'algues) de formulation 13-13-

13 (N-P₂O₅-K₂O). Contrairement au fertilisant 14-6-16 (NPK) recommandé au champ par Rapp (2004), le fertilisant sélectionné pour les expériences est d'approvisionnement facile au Canada. Il existe une relation entre la concentration des nutriments essentiels dans les tissus des plantes et la croissance ou le rendement de celles-ci. D'abord, si la quantité de nutriments est insuffisante la plante se trouve en état de déficience et son rendement est limité, puis, avec une augmentation de l'apport en nutriments, il y a atteinte du seuil critique. Vient ensuite l'état de suffisance qui correspond au rendement maximal et enfin, la concentration des nutriments dans les tissus deviendra telle que la toxicité sera atteinte et le rendement diminuera (Dow et Roberts 1982, Havlin et al. 2005). Ainsi, nous pensions que les doses intermédiaires seraient celles qui permettraient à la chicouté de croître le plus avantageusement parce que les doses les plus faibles traduiraient un apport insuffisant en nutriments et que les plus fortes risqueraient d'être toxiques.

4.3 Matériel et méthodes

Trois expériences en serre ont été réalisées à l'hiver 2004-2005 suite aux problèmes d'émergence survenus dans les expériences précédentes qui ont eu lieu en champ. Il est à noter que la seconde expérience de fertilisation a été mise en place peu de temps après l'obtention des résultats des expériences préliminaires (données non présentées) où une grande mortalité avait été observée en serre. L'acidité dans les multicellules était très grande dans ces premières expériences et c'est cela, en plus d'un souci d'une plus grande précision dans le dosage des fertilisants, qui a mené à la seconde expérience où de la chaux a été ajoutée au substrat pour le neutraliser un peu.

4.3.1 Mise en place du dispositif

L'expérience sur la présence ou non de bourgeon terminal s'est déroulée aux serres du pavillon Vachon de l'Université Laval. La température était maintenue à l'aide d'un thermostat à 20°C le jour et 15°C la nuit et la photopériode était d'une durée de 18 h au commencement de l'expérience (9 décembre 2004) puis a été modifiée à 14h un mois plus tard (7 au 31 janvier 2005). Les plants ont passé 55 jours en serre. Des lampes de haute pression au sodium (Lucalox LU400) procuraient un apport de lumière. L'éclairage total au niveau des plantes dans la serre était d'environ 300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ par une journée sans nuage (à 12h15) et 150 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ par une journée légèrement ennuagée (à 12h30).

L'expérience a été réalisée selon un plan complètement aléatoire. Le traitement correspondait à la plantation de rhizomes de chicouté qui possédaient ou non un bourgeon terminal. Le dispositif expérimental était composé de 40 unités expérimentales, soit des pots en plastique de 15 cm de diamètre. Le substrat utilisé était une tourbe blonde (Von Post 4-5). Vingt répétitions du traitement ont été réalisées avec des rhizomes mesurant 25 cm de longueur. Les pots ont été posés sur un matelas capillaire dont la mèche était d'environ 8 cm. Lorsque nécessaire, c'est-à-dire à peu près aux deux jours, une fertigation avec une solution d'engrais liquide (15-15-18) contenant 10 ppm d'azote a été réalisée.

La première expérience de fertilisation s'est aussi déroulée aux serres du pavillon Vachon de l'Université Laval du 4 février au 26 avril 2005. La température dans la serre a été mesurée à toutes les heures à l'aide d'une sonde d'enregistrement de la température (StowAway internal/external XT108-37+46) et la température moyenne était de $20,4 \pm 3,5^{\circ}\text{C}$ (Annexe 4 ; jour et nuit) : l'objectif était d'obtenir des températures d'environ 20°C le jour et 15°C la nuit. Une photopériode de 14h a été maintenue dans la serre. Des lampes haute pression au sodium (Lucalox LU400) ont procuré un apport de lumière. L'éclairage total au niveau des plantes dans la serre était d'environ $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ par une journée sans nuage (à 12h15) et $150 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ par une journée légèrement ennuagée (à 12h30). L'engrais a été mélangé au substrat avant la plantation. Le substrat était une tourbe commerciale « pro-moss DBK, Premier Horticulture Ltée » (Von Post ~5). L'arrosage était à tous les deux jours ou plus, selon les besoins des plants. Au cours de l'expérience, le pH de la tourbe a été mesuré une fois selon la méthode d'analyse de sol de serre-méthode SSE (CPVQ 1988). Cette expérience a été réalisée selon un plan factoriel en blocs complets. Le dispositif expérimental comportait 2 facteurs : la dose de fertilisant (0, 2, 4, 6 et 8 g/L d'engrais 13-13-13 à libération lente) et la source des rhizomes (tourbière résiduelle du Québec ou cultivar norvégien Fjordgull). Les rhizomes de 15 cm de longueur ont été plantés en multicellules. Chaque multicellule (6cm x 4cm ; volume 70 ml) comportait 4 échantillons de la même source qui ont été soumis à la même dose de fertilisant (80 multicellules en tout). Huit répétitions ont été mises en place, il y avait donc 80 unités expérimentales au total.

La seconde expérience de fertilisation a eu lieu aux serres du pavillon Abitibi-Price de l'Université Laval. Les conditions de température étaient d'environ 20°C le jour et 15°C la nuit, alors que la photopériode était de 14h. Des lampes haute pression au sodium (Lucalox LU400) ont procuré un apport de lumière. L'éclairement total au niveau des plantes dans la serre était d'environ $375 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ pour une journée sans nuage (entre 11h00 et 14h00). Les plants ont eu 82 jours de croissance (4 février au 26 avril 2005). Le substrat était une tourbe commerciale « pro-moss DBK, Premier Horticulture Ltée » (Von Post ~5). Dans cette expérience, de la chaux (1,3 kg/m³) a été ajoutée au substrat avant la plantation afin d'alcaliniser le pH de la tourbe. L'engrais a été ajouté au substrat au moment de la plantation. L'arrosage était fait à tous les 2 jours ou plus, selon les besoins des plants. Le pH de la tourbe a été mesuré selon la même méthode que pour la première expérience de fertilisation une fois avant la plantation et une fois après la récolte des plants. L'expérience a été réalisée selon un plan en blocs complets. Le dispositif expérimental comportait un seul traitement : la dose de fertilisant (0, 2, 4, 6 et 8 g/L d'engrais 13-13-13 à dissociation lente). Huit répétitions du traitement ont été réalisées, pour un total de 40 unités expérimentales au total. Les rhizomes de 15 cm de longueur provenant du cultivar Fjordgull (norvégien) ont été plantés en multicellules. Chaque multicellule comportait 4 échantillons qui ont été soumis à la même dose de fertilisant.

4.3.2 Paramètres évalués

La masse initiale fraîche des rhizomes pour les trois expériences a été mesurée juste avant la plantation. Puis au cours de l'expérience, l'émergence et la mortalité des ramets ont été notées. Seuls les rhizomes ayant produit initialement une tige aérienne ont été considérés morts lorsque des signes de déclin ou de sénescence hâtive de la plante entière étaient observés (feuilles complètement desséchées, destruction de la structure interne du rhizome : couleur grisâtre plutôt que verdâtre lors que l'on gratte l'épiderme avec l'ongle). Les rhizomes qui n'ont pas émergé sont considérés comme données manquantes sauf pour le calcul du taux d'émergence. Au moment de la récolte, les poids frais et secs (étuve 70°C; 48 heures) des rhizomes, tiges et feuilles ont été notés. Les masses initiales sèches ont été évaluées par régression avec les masses initiales fraîches. Pour calculer l'équation de régression, des rhizomes avaient été mis de côté et pesés frais et secs. Les taux de croissance ont été calculés à partir de la formule : (masse finale sèche – masse initiale

sèche) / masse initiale sèche. De plus, une mesure de la diagonale des feuilles a été prise afin d'évaluer la surface foliaire par feuille. L'équation suivante a été utilisée puisque les diagonales des feuilles étaient majoritairement inférieures à 3 cm: $\text{Surface} = 0,5242 \times e^{(0,7158 \times \text{diagonale})}$. Le R^2 de cette équation était de 0,956 et le P était inférieur à 0,001.

4.3.3 Analyses statistiques

Pour l'expérience sur la présence du bourgeon terminal, les variables masses initiales, masses fraîches et sèches des rhizomes, tiges et feuilles, croissance du rhizome, croissance totale du plant ainsi que la surface foliaire par feuille ont été soumises à des tests de t pour comparaison de moyenne de deux échantillons indépendants ou à des tests de Wilcoxon lorsque le postulat de la normalité de l'erreur expérimentale n'était pas respecté, même après transformations des données. Pour les taux d'émergence et de mortalité, des tests de χ^2 ont été effectués. Pour tous les tests statistiques de cette expérience, le logiciel *Statistix 8* a été utilisé (Statistix 8, Version 8.0, Analytical Software).

Pour les deux expériences de fertilisation, les variables masses fraîches et sèches des rhizomes, tiges et feuilles, croissance du rhizome, croissance totale du plant ainsi que la surface foliaire par feuille ont été d'abord soumises à des analyses de covariance avec la masse initiale du rhizome en covariable. Par la suite, lorsque la covariable ne s'est pas avérée significative ($P > 0,05$), elles ont été soumises à des analyses de variance à 2 voies dans le cas de l'expérience I (facteurs : cultivars et doses de fertilisant) et à une voie pour l'expérience II. Des contrastes polynomiaux ont été effectués pour décrire la relation entre la variable et la dose de fertilisant lorsque son effet s'est avéré significatif. Les postulats de l'analyse de la variance ont été vérifiés. Lorsque ceux-ci n'étaient pas respectés des transformations des données ont été effectuées ($\log_{10}(x+1)$ et rang). Les groupes n'étant pas équilibrés, certaines plantes n'ayant jamais émergé ou certains rhizomes étant morts, les analyses de type III ont été utilisées. Pour tous les tests statistiques de cette expérience, les logiciels *Statistix 8* (Statistix 8, Version 8.0, Analytical Software) et SAS 9.0 (SAS Institute, Cary, NC) ont été utilisés.

4.4 Résultats

4.4.1 Expérience présence ou absence de bourgeon terminal

L'absence de bourgeon terminal sur les rhizomes a mené à un plus faible taux d'émergence soit 70% (Tableau 5) mais n'a pas eu d'effet sur le temps requis pour émerger (données non présentées). Les masses sèches finales des rhizomes et des tiges se sont avérées plus élevées lorsque les rhizomes plantés possédaient des bourgeons terminaux et les masses initiales sèches et fraîches des rhizomes et la croissance du rhizome avaient aussi tendance à être plus élevées chez les rhizomes portant un bourgeon terminal ($P = 0,08$). Cependant, ni la croissance totale (calculées avec masses sèches) ni la masse sèche des feuilles ou leur surface foliaire n'ont été influencées par la présence d'un bourgeon terminal.

Tableau 5 : Moyenne et erreur-type des différentes variables évaluées pour les rhizomes avec ou sans bourgeon terminal à la plantation.

Variables évaluées	Rhizomes avec bourgeons	Rhizomes sans bourgeon	dl	<i>t</i>	<i>P</i>	Transfo./test
Masse fraîche initiale rhizome (mg)	1218,3 ± 78,2	999,6 ± 82,8	16	1,80	0,08	-
Masse sèche initiale rhizome ¹ (mg)	361,6 ± 23,2	296,7 ± 24,6	16	1,80	0,08	-
Masse sèche tiges (mg)	14,2 ± 1,8	7,3 ± 1,4	22	2,48	0,02	-
Masse sèche feuilles (mg)	58,6 ± 5,7	40,9 ± 8,9	22	1,37	0,18	rang
Masse sèche rhizome (finale) (mg)	473,6 ± 37,0	331,1 ± 48,1	23	2,33	0,03	-
Croissance rhizome (%) (avec les masses sèches)	33,2 ± 8,0	6,4 ± 13,0	22	1,85	0,08	-
Croissance totale (%) (avec les masses sèches)	54,1 ± 9,6	38,3 ± 18,0	21	0,84	0,23	-
Surface foliaire par feuille (cm ²)	3,0 ± 0,3	2,5 ± 0,4	23	0,78	0,44	-
Émergence (n. émergés/n. tot)	100,0 ± 0,0	70 ± 10,5	38		0,01	Chi2
Mortalité (n. morts/n. tot)	20,0 ± 9,2	30,0 ± 10,5	38		0,25	Chi2

¹ Calculé par régression en utilisant la masse fraîche initial du rhizome

4.4.2 Expérience de fertilisation I

Les taux de croissance relatif total et du rhizome ont été calculés à partir des masses sèches des différentes parties de la plante. Seule la source des rhizomes s'est avérée avoir un impact significatif ($P < 0,0001$) sur ces deux variables (Figure 6). Malgré l'absence d'une interaction significative entre la source et la dose de fertilisant, on peut tout de même observer sur la figure que le comportement des deux sources de rhizomes en réponse à la fertilisation est différente : les québécois ont une pente presque nulle alors que les norvégiens montrent une pente positive. La surface foliaire par feuille est aussi illustrée sur cette figure. Encore une fois, la fertilisation n'a pas eu d'effet significatif alors que la source des rhizomes a été sans contredit le facteur qui a influencé la taille des feuilles ($P < 0,0001$; Figure 6). Bref, le cultivar norvégien est celui qui a présenté une meilleure croissance et une plus grande surface foliaire par feuille.

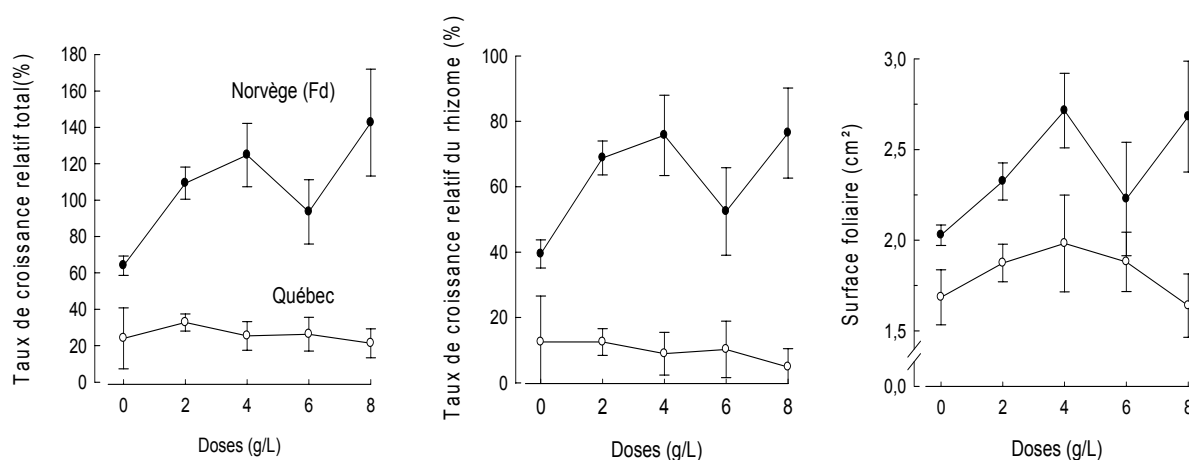


Figure 6 : Taux de croissance relatif total du plant et du rhizome pour les différentes doses de fertilisant, calculés à partir des masses sèches, ainsi que la surface foliaire par feuille pour les rhizomes norvégiens (Fd) et québécois dans l'expérience de fertilisation I. Les barres d'erreur expriment l'erreur-type.

Les masses sèches initiales et finales des rhizomes étaient significativement plus grandes pour la source québécoise que pour le cultivar norvégien ($P < 0,0001$; Tableau 6 et Annexe 5). De même, les masses des tiges et des feuilles n'ont pas été affectées par la dose de fertilisant appliquée, seule la source des rhizomes a été le facteur discriminant : les plants québécois possédaient des tiges plus lourdes que les plants norvégiens alors que les norvégiens possédaient des feuilles plus lourdes que les plants québécois. Le cultivar norvégien présente aussi un taux d'émergence plus élevé et une plus faible mortalité

(Tableau 6 et Annexe 5). L'application de fertilisant sur ces variables a mené à des tendances degré 4 (émergence) et cubique (mortalité).

Tableau 6 : Moyenne et erreur-type des différentes variables évaluées selon les doses de fertilisant utilisées pour l'expérience de fertilisation I.

Doses (g/L)	Québec				Norvège					
	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
Masse sèche initiale rhizome (mg)	220,3 ± 32,9	161,0 ± 10,7	195,7 ± 26,0	131,1 ± 10,4	180,3 ± 14,4	118,2 ± 7,6	104,5 ± 6,8	112,0 ± 7,0	113,4 ± 2,0	109,4 ± 7,8
Masse sèche finale rhizome (mg)	221,3 ± 20,8	181,3 ± 13,2	208,1 ± 22,0	142,3 ± 7,5	188,8 ± 21,8	163,6 ± 11,6	178,0 ± 12,7	197,6 ± 14,5	169,9 ± 13,8	186,7 ± 22,8
Masse sèche finale tiges (mg)	3,6 ± 0,6	4,3 ± 0,5	4,4 ± 0,5	4,7 ± 0,8	3,8 ± 0,5	3,2 ± 0,3	3,4 ± 0,1	3,5 ± 0,2	3,1 ± 0,2	3,5 ± 0,4
Masse sèche finale feuilles (mg)	7,7 ± 1,1	11,8 ± 2,1	10,6 ± 2,3	7,6 ± 0,3	8,7 ± 1,3	11,0 ± 1,6	11,9 ± 0,7	13,4 ± 0,9	12,1 ± 2,1	17,7 ± 5,8
Émergence (%)	96,9 ± 3,1	84,4 ± 8,1	78,1 ± 7,4	96,9 ± 3,1	78,1 ± 8,8	100,0 ± 0,0	100,0 ± 0,0	100,0 ± 0,0	100,0 ± 0,0	81,3 ± 6,3
Mortalité (%)	37,5 ± 8,2	18,8 ± 10,3	31,3 ± 7,8	50,0 ± 6,7	53,1 ± 8,8	6,2 ± 4,1	0,0 ± 0,0	6,2 ± 4,1	6,2 ± 4,1	12,5 ± 8,2

4.4.3 Expérience de fertilisation II

Dans cette expérience, les individus traités avec les doses intermédiaires (2, 4 et 6 g/L; $P_{\text{doses}}=0,007$) présentaient les taux de croissance relatifs (masse sèche) les plus élevés soit plus de 100%, selon la tendance quadratique observée ($P_{\text{quad}}=0,0005$; Figure 7). Cependant, le taux de croissance relatif du rhizome n'a pas été influencé par les différentes doses de fertilisant. La surface foliaire par feuille pour chacune des doses de fertilisant est aussi représentée à la figure 7, la taille des feuilles est semblable quelque soit la dose appliquée (Annexe 5).

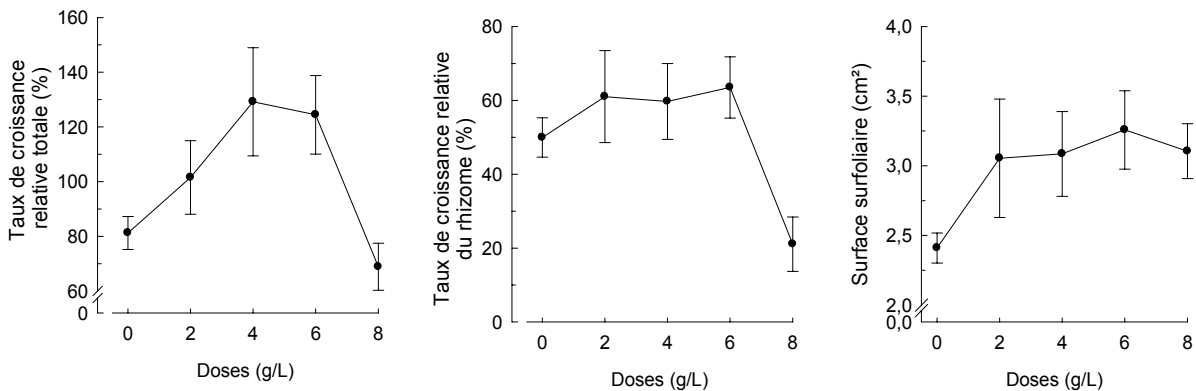


Figure 7 : Taux de croissance relatif du plant entier et du rhizome en fonction de la dose de fertilisant, calculés à partir des masses sèches ainsi que la surface foliaire par feuille pour les rhizomes norvégiens dans l'expérience de fertilisation II. Les barres d'erreur expriment l'erreur-type.

Le traitement de fertilisation n'a pas eu d'effet sur les masses finales mesurées (rhizomes, tiges et feuilles secs; Tableau 7). L'analyse de la covariance a permis d'établir que la masse initiale (sèche) du rhizome (covariable : $P<0,0001$) avait influencé la masse finale fraîche du rhizome (données non présentées) et les contrastes polynomiaux ont fait ressortir une tendance quadratique (Annexe 5; $P_{\text{quad}}=0,0136$).

Tableau 7 : Moyenne et erreur-type des différentes variables évaluées selon les doses de fertilisant utilisées pour l'expérience de fertilisation II.

Variables évaluées	Doses (g/L)				
	0	2	4	6	8
Masse sèche initiale rhizome (mg)	123,8 ± 6,0	108,5 ± 7,5	128,4 ± 21,9	130,8 ± 8,0	146,1 ± 16,0
Masse sèche finale rhizome (mg)	186,5 ± 10,6	189,4 ± 28,0	205,1 ± 34,8	211,6 ± 17,0	190,7 ± 17,8
Masse sèche finale tiges (mg)	8,5 ± 3,3	8,8 ± 2,8	6,2 ± 0,5	5,4 ± 0,7	5,8 ± 0,7
Masse sèche finale feuilles (mg)	12,5 ± 0,6	15,9 ± 2,7	18,3 ± 2,8	16,3 ± 1,5	16,4 ± 0,9
Émergence (%)	87,5 ± 6,7	96,9 ± 3,1	90,6 ± 6,6	100,0 ± 0,0	100,0 ± 0,0
Mortalité (%)	3,1 ± 3,1	0,0 ± 0,0	3,1 ± 3,1	6,25 ± 4,1	0,0 ± 0,0

4.5 Discussion

4.5.1 Expérience présence ou absence de bourgeon terminal

La présence de bourgeons terminaux sur le rhizome au moment de la plantation serait avantageuse : les individus présentant un meilleur taux d'émergence étaient ceux qui possédaient initialement des bourgeons terminaux (Tableau 5). La présence de bourgeons est directement reliée au développement en tiges aériennes, par exemple, il a été montré chez *Vaccinium myrtillus* que le nombre de tiges aériennes diminuait à la suite d'une perturbation (gel) qui avait réduit le nombre de bourgeons dormants disponibles pour la croissance (Tolvanen 1997). L'âge des rhizomes et donc de leurs bourgeons serait un facteur important puisque les bourgeons les plus jeunes sont ceux qui, en premier, se développent en tiges aériennes (Mitchell 1953). Le sectionnement des rhizomes stimulerait le développement des ramets : chez *Podophyllum peltatum* la formation de tiges aériennes sur de vieux bourgeons dormants (4 ans) a été observée suite à un traitement de sectionnement et de fertilisation alors qu'aucune régénération n'a été notée chez des systèmes ramifiés (non sectionnés; (De Kroon *et al.* 1991). Aussi, l'ajout d'azote mènerait à la levée de dormance des bourgeons latéraux (McIntyre 1965) et pourrait contrecarrer la dominance apicale causée par un apex en croissance. Dans cette expérience, le sectionnement des rhizomes en segments de 25 cm et l'ajout de nutriments a peut-être eu pour effet de lever la dominance apicale s'opérant dans le clone. De plus, les rhizomes possédant un bourgeon terminal auraient eu un avantage sur les autres puisqu'ils possédaient déjà l'ébauche d'une tige aérienne et les réserves pour initier sa croissance. Une autre différence dans cette expérience concerne la masse initiale qui est plus élevée pour les apex comportant un méristème : ceux-ci doivent posséder suffisamment de ressources pour développer un bourgeon prêt à se déployer. Le bourgeon terminal est un bourgeon complet alors que les bourgeons latéraux sont plutôt des zones méristématiques mais sans développement de primordiums foliaires. Peut-être que les rhizomes portant les apex sont plus jeunes en moyenne que les rhizomes prélevés plus loin de l'apex (sans bourgeon terminal) ? Ensuite, la masse finale du rhizome était plus élevée pour les rhizomes portant des bourgeons terminaux, principalement en raison de la masse initiale qui était plus élevée. Cependant, la croissance du rhizome tend à être plus élevée ($P = 0,08$).

McIntyre (1972) a montré chez *Elytiglia repens* L. qu'il y a plus d'azote à l'apex du rhizome et que ceci pourrait contribuer à favoriser le développement du bourgeon terminal au détriment des bourgeons latéraux, mais qui pourrait aussi permettre d'investir davantage d'azote dans le ramet d'où peut-être des plants de chicouté avec bourgeons qui tendent à être plus performants que ceux sans bourgeon.

4.5.2 Expériences de fertilisation I et II

Les expériences sur la fertilisation en serre sont relativement semblables et certaines informations ont pu en être tirées. D'abord, l'application de différentes doses dans l'expérience I a été peu concluante, que ce soit sur la croissance ou la biomasse finale (masses sèches). Les tendances significatives degré 4 et cubique pour les variables émergence et mortalité sont aussi difficilement explicables si ce n'est de la possibilité de la toxicité des doses plus élevées sur la source québécoise. Il s'avère évident aussi que l'utilisation du cultivar norvégien Fjorgull est préférable à celle de rhizomes provenant de tourbières du Québec (Figure 6) en raison de son meilleur taux d'émergence. Toutefois, la principale différence entre les deux cultivars vient du fait que les rhizomes norvégiens sont plus jeunes et présentent une meilleure croissance que les rhizomes québécois qui ont des poids plus élevés mais probablement dû à une croissance secondaire puisque la chicouté est une plante ligneuse et que son rhizome croît en diamètre et produit du « bois ». Il est possible que la production de bois ajoute beaucoup à la masse mais qu'un vieux rhizome produit moins facilement de nouveaux rhizomes. De plus, une différence importante concerne le comportement des deux sources: le cultivar norvégien répond au fertilisant en augmentant sa croissance (Figure 6 et Annexe 5) alors que le québécois ne répond pas du tout. Selon des expériences préliminaires, le cultivar norvégien présenterait des taux d'absorption des nutriments plus élevés que les clones du Québec, et ces derniers ne seraient pas du tout tolérants aux doses élevées (J. Zhou, données non publiées).

Le traitement de fertilisation dans l'expérience II a mené à des résultats plus éloquentes : la croissance du plant en entier calculée avec les masses sèches (rhizome, tiges et feuilles) est supérieure avec les doses intermédiaires de fertilisant (Figure 7). Cela correspond aux courbes du rendement en fonction de la quantité de nutriments appliquée qui ont été établies dans la littérature. Celle que nous avons observée dans le cas de la croissance de la

chicouté est du type quadratique. Havlin et *al.* (2005) ont quant à eux illustré trois différents types de courbes réponses : linéaire avec plateau, quadratique et exponentielle. Chez des individus d'*Aronia melanocarpa* ((Michx.) Elliott) plantés en tourbière résiduelle, un effet quadratique significatif avait aussi été observé sur la hauteur et la largeur des plants (Bussièrès 2005). L'absence de fertilisant dans notre expérience a mené à de faibles taux de croissance, tout comme la dose 8 g/L. Cette dernière doit avoir atteint le niveau de toxicité toléré par la chicouté, d'où son effet négatif. L'utilisation de doses élevées de fertilisant peut diminuer le rendement ou avoir des impacts négatifs et ce, pour des coûts superflus.

La divergence des résultats de ces deux expériences de fertilisation pourrait s'expliquer par la méthodologie utilisée lors de la plantation des rhizomes. L'expérience I a été réalisée en ajoutant la quantité de fertilisant au volume total de tourbe pour une dose voulue. Malgré l'attention portée au brassage du mélange lors du remplissage des multicellules, il est fort possible que les grains de fertilisant n'aient pas été répartis de façon homogène, ceux-ci étant beaucoup plus gros que les particules de tourbe. Cela pourrait justifier les tendances étranges observées dans l'expérience I et le fait que la dose la plus grande n'ait pas eu d'impact négatif contrairement à ce qui a été rencontré dans l'expérience II. La méthodologie utilisée pour l'expérience II était beaucoup plus précise puisque le nombre de grains nécessaires (calculé à partir d'une évaluation de la masse moyenne des grains) pour atteindre chaque dose de fertilisant était déposé dans chaque unité individuellement, c'est-à-dire pour chaque rhizome. L'erreur sur la dose de fertilisant associée à la méthode expérimentale est donc beaucoup moindre dans l'expérience II. L'ajout de chaux pour neutraliser l'acidité (Järvan 2004) dans l'expérience II pourrait aussi avoir eu une influence positive sur les plants de chicouté. Le pH de la tourbe achetée a été évalué à 3,39 mais au cours d'une expérience préliminaire en serre, un pH de 2,94 avait été mesuré dans une des multicellules. Cette valeur est ponctuelle mais elle laisse tout de même suggérer que le substrat tend à s'acidifier au cours du temps. Les habitats dans lesquels la chicouté est communément retrouvée ont un pH allant de 3,5 à 4,5 (Lohi 1974). Small et Catling (2000) mentionnent que cette échelle de pH serait favorable à l'obtention d'un rendement en fruits d'environ 20 à 50 kg/ha en conditions naturelles. L'ajout de chaux dans le substrat a permis d'atteindre un pH initial de 4,15. Enfin, ces expériences ont été menées dans des serres différentes, celle utilisée pour l'expérience I était localisée sur le toit d'un bâtiment et elle

était beaucoup plus chaude que celle utilisée pour l'expérience II. Le graphique présenté en annexe 4 permet de constater que la température moyenne était de 20°C mais que souvent des valeurs de plus de 30°C étaient enregistrées lors des journées ensoleillées. Aucune donnée de température n'a été enregistrée pour la serre de l'expérience de fertilisation II mais celle-ci était située au niveau du sol contrairement à l'autre, était de plus grande dimension et moins exposée au soleil. Il est à noter que la température influence le comportement de la chicouté qui est définie par une distribution boréale circumpolaire (Taylor 1971). La température optimale pour la photosynthèse n'est pas très élevée (10-15°C) et au-delà de 18°C l'assimilation nette de CO₂ diminue (Marks et Taylor 1978). Parallèlement, le taux de respiration des feuilles augmente de façon non linéaire lorsque mesuré entre 0 et 30°C, (Marks 1978).

4.6 Conclusion

La plantation de rhizomes possédant initialement des bourgeons terminaux est certainement avantageuse du point de vue de l'émergence et de la biomasse des individus. Toutefois, elle s'avère difficile à effectuer systématiquement puisque les rhizomes récoltés ne possèdent pas tous des bourgeons terminaux sur toute leur longueur. Il serait donc très coûteux d'instaurer la plantation obligatoire de rhizomes avec bourgeons terminaux. La solution serait plutôt de tenter de mieux gérer le sectionnement des rhizomes lors de la préparation pour la plantation en prenant soin d'optimiser l'utilisation de tous les bourgeons terminaux disponibles. De plus, il appert que la fertilisation de la chicouté n'a pas besoin d'être exhaustive, une dose de 4g/L de fertilisant mène à une augmentation du taux de croissance en comparaison aux individus non fertilisés. Des études supplémentaires devraient cependant être effectuées afin de déterminer la dose exacte de fertilisant de manière plus précise et d'apporter plus de résolution sur la formulation idéale pour la croissance végétative de la chicouté.

Conclusion générale

La mise en culture de la chicouté n'est pas aussi simple qu'elle le semble lorsqu'on observe sa prolifération en milieu naturel. L'expérience de sectionnement des rhizomes et de fertilisation réalisée en tourbière naturelle nous a permis de conclure que la réponse de la chicouté est plutôt à moyen terme. Les effets positifs du traitement sur la densité de ramets, des feuilles et des fleurs n'ont pu être observés qu'au cours de la troisième année des suivis, mais le rendement fruitier, l'élément important pour les producteurs, n'a pas été amélioré. Suite à ces résultats encourageants, l'application du traitement de sectionnement et de fertilisation souterraine, en combinaison ou individuellement, pourrait être testée à plus grande échelle en utilisant la machinerie adaptée. D'un autre côté, le développement d'une culture de la chicouté en tourbière résiduelle n'est pas envisageable dans l'état actuel des recherches. En effet, un taux moyen de survie de moins de 50% est encore trop peu pour mettre en place une culture de chicouté rentable. Cependant, les expériences réalisées sur le site résiduel ont permis d'observer un effet de la protection contre le vent sur le micro-climat et de plus grands taux de survie lorsque les paramètres suivants étaient respectés : longueur des rhizomes supérieurs à 20 cm lors de la plantation, profondeur de plantation de 5 cm sous la surface et mise en terre des rhizomes à l'automne. Un des critères les plus importants à étudier pour la survie de rhizomes de chicouté semble être la quantité de réserves emmagasinées. Une des solutions possibles pour l'amélioration du taux de survie des individus plantés en tourbière résiduelle pourrait être la plantation de plants enracinés, plus résistants et possédant plus de réserves énergétiques que les rhizomes. D'ailleurs, les trois expériences effectuées en serre avaient pour but d'optimiser les conditions de propagation de la chicouté afin d'obtenir des boutures de meilleure qualité. Nous avons appris que la présence de bourgeon terminal avait un effet positif surtout sur le taux d'émergence des individus plantés, probablement en raison des réserves énergétiques déjà présentes dans le rhizome via le bourgeon terminal. Enfin, la fertilisation de la chicouté ne doit pas être exhaustive, une dose de 4g/L de fertilisant (13-13-13) a mené au taux de croissance optimal dans l'échelle des doses testées.

Plusieurs nouvelles connaissances ont été acquises suite aux expériences réalisées dans le cadre de cette maîtrise. Cependant, des cultures de chicouté à grandes échelles ne sont pas

encore envisageables. Nous nous devons auparavant d'étudier d'autres paramètres de culture, tels que les propriétés physiques du substrat idéal pour la croissance de la chicouté, les niveaux de la nappe phréatique, une fertilisation adaptée, la propagation en serre, le développement de nouveaux cultivars québécois, etc. afin d'obtenir des taux de survie et des rendements fruitiers satisfaisants.

Références

- Ågren, J. 1987. Intersexual differences in phenology and damage by herbivores and pathogens in dioecious *Rubus chamaemorus* L. *Oecologia* **72**: 161-169.
- Ågren, J. 1988a. Sexual differences in biomass and nutrient allocation in the dioecious *Rubus chamaemorus*. *Ecology* **69**: 962-973.
- Ågren, J. 1988b. Between-year variation in flowering and fruit set in frost-prone and frost-sheltered population of dioecious *Rubus chamaemorus*. *Oecologia* **76**: 175-183.
- Ågren, J. 1989. Seed size and number in *Rubus chamaemorus* : between-habitat variation, and effects of defoliation and supplemental pollination. *Journal of Ecology*. **77**: 1080-1092.
- Ågren, J., Elmqvist, T. et Tunlid, A. 1986. Pollination by deceit, floral sex ratios and seed set in dioecious *Rubus chamaemorus* L. *Oecologia* **70**: 332-338.
- Argall, J. et Chiasson, G. 1996. Utilisation des brise-vent pour les bleuetières. Ministère de l'Agriculture, des Pêches et de l'Aquaculture du Nouveau-Brunswick. (page consultée le 15 septembre 2006). [En ligne]. Adresse URL : <http://www.gnb.ca/0171/10/0171100001-f.asp>.
- Batson, M. G. 1998. Length of rhizome and depth of burial affects the regeneration of bent grass (*Agrostis castellana* Boiss. et Reuter). *Australian Journal of Agricultural Research* **49**: 1141-1145.
- Bernard, J. M. 1990. Life history and vegetative reproduction in *Carex*. *Canadian Journal of Botany* **68**: 1441-1448.
- Bonham C. D. 1989. Measurements for terrestrial vegetation. John Wiley & Sons, New York. 338 pp.
- Bouchard, A. et Jean, M. 2001. Historique d'un paysage de tourbières profondément transformé par l'homme. *Dans* Écologie des tourbières du Québec-Labrador. Sous la direction de S. Payette et L. Rochefort, Les Presses de l'Université Laval, Québec : 389-398.
- Brown, A. O. 2005. L'écologie de la chicouté (*Rubus chamaemorus* L.) et de la canneberge (*Vaccinium macrocarpon* Ait.): des stratégies qui visent un compromis face à l'incertitude autour de la reproduction sexuée chez les espèces nordiques. Thèse de doctorat. Département de biologie. Université Laval, Québec. 124 pp.
- Bureau de la statistique du Québec. 1995. Statistiques bioalimentaires : l'agriculture québécoise et l'ALENA, 1990-1994, chap. 2. Gouvernement du Québec. 116 pp.
- Bureau fédéral de développement régional Québec. 1996. La mise en valeur des baies sauvages de la Basse-Côte-Nord. 57 pp.
- Bussièrès, J. 2005. Potentiel d'établissement d'essences forestières et fruitières en tourbières résiduelles. Mémoire de maîtrise. Département de phytologie. Université Laval, Québec. 72 pp.
- Cain, M. L. 1990. Patterns of *Solidago altissima* ramet growth and mortality: the role of below-ground ramet connections. *Oecologia* **82**: 201-209.
- Campbell, D. R., Lavoie, C. et Rochefort, L. 2002. Wind erosion and surface stability in abandoned milled peatlands. *Canadian Journal of Soil Science* **82**: 85-95.
- Campbell, D. R. et Rochefort, L. 2001. La végétation : gradients. *Dans* Écologie des tourbières du Québec-Labrador. Sous la direction de S. Payette et L. Rochefort, Les Presses de l'Université Laval, Québec : 129-140.

- Caron, J. 2001. La tourbe et les milieux artificiels *Dans* Écologie des tourbières du Québec-Labrador. Sous la direction de S. Payette et L. Rochefort, Les Presses de l'Université Laval, Québec : 399-410.
- Chancellor, R. J. 1974. The development of dominance amongst shoots arising from fragments of *Agropyron repens* rhizomes. *Weed Research* **14**: 29-38.
- Chapin, F. S. III et Shaver, G. R. 1989. Differences in growth and nutrient use among arctic plant growth forms. *Functional Ecology* **3**: 73-80.
- Charpentier, A., Mesleard, F. et Thompson, J. D. 1998. The effects of rhizome severing on the clonal growth and clonal architecture of *Scirpus maritimus*. *Oikos* **83**: 107-116.
- Cline, M. G. 1994. The role of hormones in apical dominance. New approaches to an old problem in plant development. *Physiologia Plantarum* **90**: 230-237.
- Clymo, R. S. 1983. Peat. *Dans* Ecosystems of the world 4E. Mires : Swamp, Bog, Fen and Moor, General Studies. Sous la direction de A.J.P. Gore. Elsevier, Amsterdam: 159-224.
- Cook, R. E. 1983. Clonal plant populations. *American scientist* **71**: 244-253.
- CPVQ. 1988. Analyse de sol de serre-méthode "SSE". Conseil des productions végétales du Québec. Agdex 533. 3 pp.
- Cullings, K. W. 1996. Single phylogenetic origin of ericoid mycorrhizae within the Ericaceae. *Canadian Journal of Botany* **74**: 1896-1909.
- Daigle, J.-Y. et Chiasson, G. 2005. Evaluation of the potential for production of cloudberry on residual peatland in North East NB – Preliminary Results. Présentation au Colloque sur la chicouté (Baie-Comeau, Qc).
- Daigle, J.-Y. et Gautreau-Daigle, H. 2001. Canadian peat harvesting and the environment. Canadian Sphagnum Peat Moss Association, Environment Canada et North American Wetlands Conservation Council Committee. Issues Paper No. 2001-1.
- Daniels, R. E. 1985. Studies in the growth of *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. (bracken) 1. Regeneration of rhizome segments. *Weed Research* **25**: 381-388.
- De Kroon, H., Whigham, D. F. et Watson, M. A. 1991. Developmental ecology of Mayapple: Effects of rhizome severing, fertilization and timing of shoot senescence. *Functional Ecology* **5**: 360-368.
- Desrochers, A., Rochefort, L. et Savard, J.-P. L. 1998. Avian recolonization of eastern Canadian bogs after peat mining. *Canadian Journal of Zoology* **76**: 989-997.
- Dong, M. et Alaten, B. 1999. Clonal plasticity in response to rhizome severing and heterogeneous resource supply in the rhizomatous grass *Psammochloa villosa* in an Inner Mongolian dune, China. *Plant Ecology* **1**: 53-58.
- Dow, A. I. et Roberts, S. 1982. Proposal: Critical nutrient ranges for crop diagnosis. *Agronomy Journal* **74**: 401-403.
- Dumas, P. 1986. Biologie des populations de la chicouté (*Rubus chamaemorus* L.) au Lac à l'Eau Claire, Québec nordique. Mémoire de maîtrise. Département de phytologie. Université Laval, Québec. 51 pp.
- Dumas, P. et Maillette, L. 1987. Rapport des sexes, effort et succès de reproduction chez *Rubus chamaemorus*, plante herbacée vivace dioïque de distribution subarctique. *Canadian Journal of Botany* **65**: 2628-2639.
- Environnement Canada. Rapport des données quotidiennes. 2006. (page consultée le 15 octobre 2006). [En ligne]. Adresse URL : <http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climateData/>.

- Flower-Ellis, J. G. K. 1980. Diurnal dry weight variation and dry matter allocation of some tundra plants. 2. *Rubus Chamaemorus* L. Ecology of a Subarctic Mire. Ecological Bulletins **30**: 163-179.
- Freulon, C., Gauthier, M. J. et Beauregard, R. 1997. Modèle théorique de recouvrement nival. Étude de l'effet des haies sur la protection des plants de bleuet contre le gel hivernal dans la bleuetière de Normandin (Québec). Laboratoire de géomatique et groupe de recherche en productivité végétale (GRPv), Chicoutimi. 55 pp.
- Gallagher, J. L. 1983. Seasonal patterns in recoverable underground reserves in *Spartina alterniflora* Loisel. American Journal of Botany **70**: 212-215.
- Gallagher, J. L., Wolf, P. L. et Pfeiffer, W. J. 1984. Rhizome and root growth rates and cycles in protein and carbohydrate concentrations in Georgia *Spartina alterniflora* Loisel. plants. American Journal of Botany **71**: 165-169.
- Garg, O. K., Sharma, A. N. et Kona, G. R. S. S. 1979. Effect of boron on the pollen vitality and yield of rice plants (*Oryza sativa* L. var. Jaya). Plant and Soil **52**: 591-594.
- Giroux, J.-F. et Bédard, J. 1987. Effects of stimulated feeding by snow geese on *Scirpus americanus* rhizomes. Oecologia **74**: 137-143.
- Gore, A. J. P. 1961. Factors limiting plant growth on high-level blanket peat: II. Nitrogen and phosphate in the first year of growth. The Journal of Ecology **49**: 605-616.
- Groeneveld, E. V. G. et Rochefort, L. 2002. Nursing plants in peatland restoration: on their potential use to alleviate frost heaving problems. Suo **53**: 73-85.
- Groeneveld, E. V. G. et Rochefort, L. 2005. *Polytrichum strictum* as a solution to frost heaving in disturbed ecosystems: a case study with milled peatlands. Restoration Ecology **13**: 74-82.
- Gustafsson, M. et Kortesharju, J. 1996. Occurrence of hermaphroditism in a dioecious plant, *Rubus chamaemorus*, in northern Finland. Aquilo Ser Botanica **36**: 53-60.
- Håkansson, S. 1971. Experiments with *Agropyron repens* (L.) Beauv. X. Individual and combined effects of division and burial of the rhizomes and competition from a crop. Swedish Journal of Agricultural Research **1**: 239-246.
- Harper, J. L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, London, UK. 882 pp.
- Harris, D. et Davy, A. J. 1986. Regenerative potential of *Elymus Farctus* from rhizome fragments and seed. The Journal of Ecology **74**: 1057-1067.
- Hartnett, D. C. et Bazzaz, F. A. 1983. Physiological integration among intracloonal ramets in *Solidago canadensis*. Ecology **64**: 779-788.
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L. et Nelson, W. L. 2005. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management, 7th edition, Prentice Hall, New Jersey. 528 pp.
- Hippa, H., Koponen, S. et Osmonen, O. 1978. Role of bees (Hym., Apidae) in pollination of the cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) in northern Fennoscandia. Reports from the Kevo Subarctic Research Station **14**: 31-37.
- Hippa, H., Koponen, S. et Osmonen, O. 1981a. Pollen transport and pollinating efficiency of flower visitors to the cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) in northern Fennoscandia. Reports from the Kevo Subarctic Research Station **17**: 58-66.
- Hippa, H., Koponen, S. et Osmonen, O. 1981b. Flower visitors to the cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) in northern Fennoscandia. Reports from the Kevo Subarctic Research Station **17**: 44-54.

- Hippa, H., Koponen, S. et Osmonen, O. 1981c. Diurnal activity of flower visitors to the cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.). Reports from the Kevo Subarctic Research Station **17**: 55-57.
- Ivany, J. A. 1997. Effect of rhizome depth in soil on emergence and growth of field mint (*Mentha arvensis*). Weed Technology **11**: 149-151.
- Järvan, M. 2004. Available plant nutrients in growth substrate depending on various lime materials used for neutralising bog peat. Agronomy Research **2**: 29-37.
- Jean, D. 1998. L'intégration physiologique chez la chicouté (*Rubus chamaemorus*) et sa contribution au succès reproductif. Mémoire de maîtrise. Département de biologie. Université Laval, Québec. 75 pp.
- Jean, D. et Lapointe, L. 2001. Limited carbohydrate availability as a potential cause of fruit abortion in *Rubus chamaemorus*. Physiologia Plantarum **112**: 379-387.
- Kaurin, A., Stushnoff, C. et Junttila, O. 1982. Vegetative growth and frost hardiness of cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) as affected by temperature and photoperiod. Physiologia plantarum **55**: 76-81.
- Kemp, H. S. 1936. New colonies in old Quebec. Economic Geography **12**: 54-60.
- Klimes, L., Klimešová, J. et Osbornová, J. 1993. Regeneration capacity and carbohydrate reserves in a clonal plant *Rumex alpinus*: effect of burial. Plant Ecology **109**: 153-160.
- Korpelainen, H. 1994. Sex ratios and resource allocation among sexually reproducing plants of *Rubus chamaemorus*. Annals of Botany **74**: 627-632.
- Korpelainen, H., Antonius-Klemola, K. et Werlemark, G. 1999. Clonal structure of *Rubus chamaemorus* populations: comparison of different molecular methods. Plant Ecology **143**: 123-128.
- Kortesharju, J. 1982. Effects of temperature on annual growth, development and cultivation possibilities of the cloudberry (*Rubus chamaemorus*). University of Oulu, Pohjois-Suomen Research Station, Oulu, Finland.
- Kortesharju, J. 1988. Cloudberry yields and factors affecting the yield in northern Finland. Acta Botanica Fennica **136**: 77-80.
- Kortesharju, J. 1995. Effects of frost on the female flowers, unripe fruits and vegetative growth of the cloudberry (*Rubus chamaemorus*) in Finnish Lapland. Aquilo Series Botanica **35**: 31-38.
- Kortesharju, J. et Rantala, E. M. 1980. The effect of placement fertilization on cloudberry (*Rubus Chamaemorus* L.) on unditched bog. Suo **31**: 85-92.
- Lapointe, L. 1998. Fruit development in *Trillium*. Dependence on stem carbohydrate reserves. Plant Physiology **117**: 183-188.
- Lapointe, L. et Molard, J. 1997. Costs and benefits of mycorrhizal infection in a spring ephemeral, *Erythronium americanum*. New Phytologist **135**: 491-500.
- Lapointe, L. et Rochefort, L. 1997. Le développement d'une nouvelle agriculture au Québec: le petit fruit *Rubus chamaemorus* appelé chicouté. Université Laval. Rapport final. Conseil de Recherche en Pêche et en Agro-alimentaire du Québec., Québec. no 4204. 6 pp.
- Lavoie, V. 1971. Projet N: L'importance de la couverture de neige. Dans La recherche sur le bleuët, rapport de travail 1970-1971. Faculté de l'agriculture. Université Laval, Québec. pp-154-156.

- Lavoie, C., Saint-Louis, A. et Lachance, D. 2005. Vegetation dynamics on an abandoned vacuum-mined peatland: Five years of monitoring. *Wetlands Ecology and Management* **13**: 621-633.
- Lévesque, M. 1982. Un aperçu sur l'utilisation agricole des tourbières au Canada. Dans Un symposium sur la tourbe et les tourbières. Compe rendu du Symposium 82. Shippagan, Nouveau-Brunswick, 12 au 15 septembre 1982. Sous la direction de J.D. Sheppard, J. Musial et T.E. Tibbets. International Peat Society, Jyväskylä, Finlande. Comité canadien national - Société internationale de la tourbe, Halifax, Nouvelle-Écosse.
- Lloyd, D. G. 1973. Sex ratio in sexually dimorphic Umbelliferae. *Heredity* **31**: 239-249.
- Lohi, K. 1974. Variation between cloudberries (*Rubus chamaemorus* L.) in different habitats. *Aquilo Series Botanica* **13**: 1-9.
- Mäkinen, Y. et Oikarinen, H. 1974. Cultivation of cloudberry in Fennoscandia. Reports from the Kevo Subarctic Research Station **11**: 90-102.
- Marie-Victorin, F. 1995. Flore laurentienne, 3e édition mise à jour par L. Brouillet, S.G. Hay et I. Goulet en collaboration avec M. Blondeau, J. Cayouette et J. Labrecque édition. Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal. 1093 pp.
- Marks, T. C. 1978. The carbon economy of *Rubus chamaemorus* L. II. Respiration. *Annales Botanici* **42**: 181-190.
- Marks, T. C. et Taylor, K. 1978. The carbon economy of *Rubus chamaemorus* L. I. Photosynthesis. *Annales Botanici* **42**: 165-179.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. London. 889 pp.
- Marshall, C. 1990. Source-sink relations of interconnected ramets. *Dans*: Clonal growth in plants: regulation and function. SPB Academic Publishing, J. van Groenendael et H. de Kroon, editors. The Hague: 23-41.
- McIntyre, G. I. 1965. Some effects of the nitrogen supply on the growth and development of *Agropyron repens* L. BEAUV. *Weed Research* **5**: 1-12.
- McIntyre, G. I. 1967. Environmental control of bud and rhizome development in the seedling of *Agropyron repens* L. BEAUV. *Canadian Journal of Botany* **45**: 1315-1325.
- McIntyre, G. I. 1970. Studies on bud development in the rhizome of *Agropyron repens*. L. The influence of temperature, light intensity, and bud position on the pattern of development. *Canadian Journal of Botany* **48**: 1903-1909.
- McIntyre, G. I. 1971. Apical dominance in the rhizome of *Agropyron repens*. Some factors affecting the degree of dominance in isolated rhizomes. *Canadian Journal of Botany* **49**: 99-109.
- McIntyre, G. I. 1972. Studies on bud development in the rhizome of *Agropyron repens*. II. The effect of the nitrogen supply. *Canadian Journal of Botany* **50**: 393-401.
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec 2005. Monographie de l'industrie du bleuets. ISBN 2-550-44329-2. 52 pp.
- Mitchell, K. J. 1953. Influence of light and temperature on the growth of ryegrass (*Lolium* spp.) II. The control of lateral bud development. *Physiologia Plantarum* **6**: 425-443.
- Nilsen, G. S. 2005. Cloudberries—The northern gold. *International Journal of Fruit Science* **5**: 45-60.
- Noormets, M., Köster, T., Karp, K., Paal, T. et Tõnutare, T. 2004. The recultivation of opencast peatland in Estonia. Dans *Wise use of peatlands. Proceedings of the 12th*

- International Peat Congress. Tampere, Finlande, 6 au 11 juin 2004. Sous la direction de J. Päivänen. International Peat Society, Jyväskylä, Finlande : 1195-1201.
- Østgård, O. 1964. Investigations on cloudberries (*Rubus chamaemorus* L.) in North-Norway, in State Experiment Station Holt, Tromsø. Holt Research Station, Tromsø.
- Paal, T. et Paal, J. 2002. Rehabilitation of milled peat areas by cranberry (*Oxycoccus palustris* L.) plantations. *Dans* Peat in Horticulture - Quality and Environmental challenges. Proceedings of the International Peat Symposium. Pärnu, Estonie, 3 au 6 septembre 2002. Sous la direction de G. Schmilewski et L. Rochefort. International Peat Society, Jyväskylä, Finlande : 280-282.
- Pauliukonis, N. et Gough, L. 2004. Effects of the loss of clonal integration on four sedges that differ in ramet aggregation. *Plant Ecology* **173**: 1-15.
- Payette, S. 2001. Les principaux types de tourbières. *Dans* Écologie des tourbières du Québec-Labrador. Sous la direction de S. Payette et L. Rochefort, Les Presses de l'Université Laval, Québec : 39-89.
- Pelletier, L., Brown, A., Otrysko, B. et McNeil, J. N. 2001. Entomophily of the cloudberry (*Rubus chamaemorus*). *Entomologia Experimentalis et Applicata* **101**: 219-224.
- Penney, B. G., McRae, K. B. et Rayment, A. F. 1997. Long-term effects of burn-pruning on lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.) production. *Canadian Journal of Plant Science* **77**: 421-425.
- Petrone, R. M., Price, J. S., Carey, S. K. et Waddington, J. M. 2004. Statistical characterization of the spatial variability of soil moisture in a cutover peatland. *Hydrological Processes* **18**: 41-52.
- Poulin, M., Rochefort, L., Quinty, F. et Lavoie, C. 2005. Spontaneous revegetation of mined peatlands in eastern Canada. *Canadian Journal of Botany* **83**: 539-557.
- Price, J. S. 1997. Soil moisture, water tension, and water table relationship in a managed cutover bog. *Journal of Hydrology* **202**: 21-32.
- Price, J. S. 2001. L'hydrologie. *Dans* Écologie des tourbières du Québec-Labrador. Sous la direction de S. Payette et L. Rochefort, Les Presses de l'Université Laval, Québec : 141-158.
- Price, J. S. 2003. Role and character of seasonal peat soil deformation on the hydrology of undisturbed and cutover peatlands. *Water resources research* **39**: 3-1-3-10.
- Price, J. S., Heathwaite, A. L. et Baird, A. J. 2003. Hydrological processes in abandoned and restored peatlands: An overview of management approaches. *Wetlands Ecology and Management* **11**: 65-83.
- Price, J. S. et Whitehead, G. S. 2004. The influence of past and present hydrological conditions on Sphagnum recolonization and succession in a block-cut bog, Québec. *Hydrological Processes* **18**: 315-328.
- Putwain, P. D. et Harper, J. L. 1972. Studies in the dynamics of plant populations V. Mechanisms governing the sex ratio in *Rumex acetosa* and *Rumex acetosella*. *Journal of Ecology* **60**: 113-129.
- Rapp, K. 1989. Number of pistils an alternative criterion when selecting for high productivity in *Rubus*. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* **3**: 29-32.
- Rapp, K. 1993. Cultivation and plant breeding of wild berries, particularly cloudberry, for northern regions of Norway. *Dans* Proceedings of the 1th Circumpolar Agricultural Conference, Whitehorse, Yukon, Canada. September 1992 : 171-172.
- Rapp, K. 2004a. Cloudberry growers guide. North Norwegian Centre for Research and Rural Development., Tromsø. 15 pp.

- Rapp, K. 2004b. Pollination and fruit set in cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.). *Dans* Abstracts of the 5th Circumpolar Agricultural Conference 27-29 September 2004. Umeå, Sweden. Dept. of Agricultural Research for Northern Sweden, Swedish University of Agricultural Science: 31-32.
- Rapp, K., Nilsen, J., Martunussen, I., Nilsen, H., Lund, L., Marjala, 2003. Growing cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) under controlled climatic conditions. *Norsk Frukt og Baer* **3**: 22-24.
- Rapp, K., Naess, S. K. et Swartz, H. J. 1993. Commercialization of the cloudberry (*Rubus Chamaemorus* L.) in Norway. *Dans* Proceedings of the second National Symposium. New Crop. Exploration, research and commercialization. Janick J. et J. E. Simon. Indianapolis, Indiana: 524-526.
- Rapp, K., Nilsen, H., Røthe, G. et Martinussen, I. 2000. Vegetative propagation and planting of cloudberry. *Dans* The 2nd Northberry project meeting in Norway. Planteforsk, The Norwegian Crop Research Institute., Svanhovd Environmental Center, Svanvik, Norway: 4-5.
- Rapp, K. et Steenberg, K. 1977. Studies of phosphorus uptake from different depths in cloudberry mires using ³²P-labelled fertilizer. *Acta Agriculturae Scandinavia* **27**: 319-325.
- Resvoll, T. 1929. *Rubus chamaemorus* L. A morphological-biological study. *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne* **67**: 55-129
- Rochefort, L. 2001. Restauration écologique. *Dans* Écologie des tourbières du Québec-Labrador. Sous la direction de S. Payette et L. Rochefort, Les Presses de l'Université Laval, Québec : 449-504.
- Rochefort, L., Quinty, F., Campeau, S., Johnson, K. W. et Malterer, T. J. 2003. North American approach to the restoration of *Sphagnum* dominated peatlands. *Wetlands Ecology and Management* **11**: 3-20.
- Rocheleau, A.-F. et Houle, G. 2001. Different cost of reproduction for the males and females of the rare dioecious shrub *Corema conradii* (Empetraceae). *American Journal of Botany* **88**: 659-666.
- Rogan, P. G. et Smith, D. L. 1976. Experimental control of bud inhibition in rhizomes of *Agropyron repens* (L.) BEAUV. *Zeitschrift fur Pflanzenphysiologie* **78**: 113-121.
- Røthe, G., Rapp, K. et Nilsen, H. 2000. Cloudberry quality and product development. *Dans* The 2nd Northberry project meeting in Norway. Planteforsk, The Norwegian Crop Research Institute, Svanhovd Environmental Center, Svanvik, Norway: 2-3.
- Saastamoinen, O. 1998. Non-wood goods and benefits of boreal forests: Concepts and issues. *Dans* Sustainable development of non-wood goods and benefits from boreal and cold temperate forests H.G. LundB. Pajari, et M. Korhonen. European Forest Institute, Joensuu, Finland: 47-57.
- Saastamoinen, O., Kangas, K. et Aho, H. 2000. The picking of wild berries in Finland in 1997 and 1998. *Scandinavian Journal of Forest Research* **15**: 645-650.
- Saebø, S. 1968. The autecology of *Rubus chamaemorus* L. I. Phosphorus economy of *Rubus chamaemorus* in an ombrotrophic mire. *Scientific Reports from the Agricultural College of Norway* **47**: 1-67.
- Saebø, S. 1970. The autecology of *Rubus chamaemorus* L. II. Nitrogen economy of *Rubus chamaemorus* in an ombrotrophic mire. *Scientific Reports from the Agricultural College of Norway* **49**: 1-37.

- Saebø, S. 1977. The autecology of *Rubus chamaemorus* L. IV. Potassium relations of *Rubus chamaemorus* in an ombrotrophic mire with some bibliographical notes on *Rubus chamaemorus*. Scientific Reports from the Agricultural College of Norway **56**: 1-20.
- Schmid, B. et Bazzaz, F. A. 1987. Clonal integration and population structure in perennials: Effects of severing rhizome connections. Ecology **68**: 2016-2022.
- Schon, M. K. et Blevins, D. G. 1990. Foliar boron applications increase the final number of branches and pods on branches of field-grown soybeans 1. Plant Physiology **90**: 602-607.
- Scott, P. A. et Rouse, W. 1995. Impact of increased winter snowcover on upland tundra vegetation: A case example. Climate Research **5**: 25-30.
- Selin, P. 1996. Many uses for peatland cut-away areas. Dans Peatlands in Finland. Sous la direction de H. Vasander. Finnish Peatland Society, Helsinki, Finlande: 128-129.
- Seliskar, D. M. 1983. Root and rhizome distribution as an indicator of upper salt marsh wetland limits. Hydrobiologia **107**: 231-236.
- Shaver, G. R. et Chapin, F. S. III. 1980. Response to fertilization by various plant growth forms in an Alaskan tundra: nutrient accumulation and growth. Ecology **61**: 662-675.
- Small, E. et Catling, P. M. 2000. Poorly known economic plants of Canada - 27. Cloudberry, *Rubus chamaemorus*. Canadian Botanical Association Bulletin **33**: 43-47.
- Smith, T. J. et Odum, W. E. 1981. The effects of grazing by snow geese on coastal salt marshes. Ecology **62**: 98-106.
- Sohn, J. J. et Policansky, D. 1977. The costs of reproduction in the mayapple *Podophyllum peltatum* (Berberidaceae). Ecology **58**: 1366-1374.
- Taylor, K. 1971. Biological flora of the British Isles: *Rubus chamaemorus* L. Journal of Ecology **59**: 293-306.
- Théroux Rancourt, G. 2007. Influence de l'hydrologie, du substratum et de la restauration d'une tourbière abandonnée sur la croissance de la chicouté. Mémoire de maîtrise. Département de phytologie. Université Laval, Québec. 74 pp.
- Thiem, B. 2003. *Rubus chamaemorus* L. - a boreal plant rich in biological active metabolites: a review. Biology Letters **40**: 3-13.
- Tolvanen, A. 1997. Recovery of the bilberry (*Vaccinium Myrtillus* L.) from artificial spring and summer frost. Plant Ecology **130**: 35-39.
- van Bochove, E. 1987. Écologie de la chicouté (*Rubus chamaemorus* L.) dans une tourbière ombrotrophe de Lourdes-de-Blanc-Sablon (Basse-Côte-Nord, Québec). Mémoire de maîtrise. Département de biologie. Université Laval, Québec. 80 pp.
- van Breemen, N. 1995. How Sphagnum bogs down other plants. Trends in Ecology & Evolution **10**: 270-275.
- Waddington, J. M. et McNeil, P. 2002. Peat oxidation in an abandoned vacuum extracted peatland. Canadian Journal of Soil Science **82**: 279-286.
- Wallenius, T. H. 1999. Yield variations of some common wild berries in Finland in 1956-1996. Annales Botanica Fennici **36**: 299-314.
- Wang, Z., Li, L., Han, X. et Dong, M. 2004. Do rhizome severing and shoot defoliation affect clonal growth of *Leymus chinensis* at ramet population level? Acta Oecologica **26**: 255-260.

- Warner, B. G. et Asada, T. 2006. Biological diversity of peatlands in Canada. *Aquatic Science* **68**: 240-253.
- Wendell, M. et Alsanius, B. 2004. Hjortron blommar i Alnarps växthus. *Viola* **24**: 14.
- Wijte, A. H. B. M. et Gallagher, J. L. 1991. The importance of dead and young live shoots of *Spartina alterniflora* (Poaceae) in a mid-latitude salt marsh for overwintering and recoverability of underground reserves. *Botanical Gazette* **152**: 509-513.
- Wind-Mulder, H. L., Rochefort, L. et Vitt, D. H. 1996. Water and peat chemistry comparisons of natural and post-harvested peatlands across Canada and their relevance to peatland restoration. *Ecological Engineering* **7**: 161-181.
- Wojcik, P. 2005a. Response of black currant to boron fertilization. *Journal of Plant Nutrition* **28**: 63-72.
- Wojcik, P. 2005b. Response of primocane-fruiting "Polana" red raspberry to boron fertilization. *Journal of Plant Nutrition* **28**: 1821-1832.
- Yarborough, D. E. 1998. Wild blueberry culture in Maine. Crop Maine Fact Sheet No. 220. Wild Blueberry. UMCE No. 2088. (page consultée le 18 octobre 2006). [En ligne]. Adresse URL : <http://wildblueberries.maine.edu/FactSheets/220.htm>.
- Yetka, L. A. et Galatowitsch, S. M. 1999. Factors affecting revegetation of *Carex lacustris* and *Carex stricta* from rhizomes. *Restoration Ecology* **7**: 162-171.
- Yudina, V. F. 1993. Phenological development and yields of cloudberry (*Rubus chamaemorus*) in Karelia, Russia. *Acta Botanica Fennica* **149**: 7-10.

Annexe 1: Observations générales relativement à la végétation dans les parcelles témoins et sectionnées et fertilisées pour l'expérience en tourbière naturelle

Les parcelles témoins et sectionnées et fertilisées étaient très semblables au niveau du couvert végétal, que ce soit au niveau de la chicouté ou des autres espèces présentes en tourbière naturelle (Tableau 8). La variable « tourbe à nu » présentait un pourcentage de recouvrement différent: il était supérieur dans les parcelles sectionnées et fertilisées. Cela est justifié par le travail mécanique qui y a été réalisé et qui a mis en évidence la tourbe autour des traits de coupe. Aussi, les pourcentages de recouvrement se sont avérés différents pour les espèces *Empetrum nigrum* et *Sphagnum rubellum* qui présentaient un plus grand couvert dans les parcelles témoins. Cette mesure ne permet cependant pas de détecter des changements chez la chicouté.

Tableau 8: Pourcentage de recouvrement des espèces végétales et des portions de tourbe à nu présentes dans les parcelles témoins et sectionnées et fertilisées au cours de la deuxième année d'étude. La moyenne et l'erreur-type et les valeurs de t et P des tests statistiques sont présentées. $n=6$

Espèces	Pourcentage de recouvrement (moyenne \pm σ)		t	P	Transformation
	Parcelles témoins	Parcelles sectionnées et fertilisées			
Vasculaires					
<i>Andromeda glaucophylla</i> Link.	3,2 \pm 1,4	2,3 \pm 1,1	0,48	0,64	-
<i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench	25,6 \pm 5,7	21 \pm 1,1	0,15	0,88	Rang
<i>Drosera rotundifolia</i> L.	1,7 \pm 0,5	1,3 \pm 0,2	0,5	0,63	Log (x+1)
<i>Empetrum nigrum</i> L. s. str.	18,8 \pm 5,7	7,5 \pm 1,7	2,39	0,04	Log (x+1)
<i>Eriophorum vaginatum</i> L.	3 \pm 0,6	2,4 \pm 0,9	0,48	0,64	-
<i>Kalmia angustifolia</i> L.	4,2 \pm 0,8	8,5 \pm 3,8	-0,96	0,36	Log (x+1)
<i>Kalmia polifolia</i> Wang.	0,5 \pm 0,1	0,7 \pm 0,3	-0,47	0,65	Log (x+1)
Lichen spp.	7,8 \pm 2,4	12,3 \pm 2,1	-1,43	0,18	-
<i>Picea mariana</i> (Mill.) BSP.	4,8 \pm 2,2	4,6 \pm 2,1	0,08	0,94	Rang
<i>Rhododendron groenland.</i> Retzius	4,3 \pm 1,2	8 \pm 2,4	-1,8	0,10	Log (x+1)
<i>Rubus chamaemorus</i> L.	19,1 \pm 1,5	21 \pm 1,7	-0,88	0,40	-
<i>Sarracenia purpurea</i> L.	0,4 \pm 0,2	0,3 \pm 0,1	1,17	0,27	Rang
<i>Smilacina trifolia</i> (L.) Desf.	1,6 \pm 0,5	1,5 \pm 0,4	0,19	0,85	-
<i>Vaccinium angustifolium</i> Ait.	1,3 \pm 0,9	0,7 \pm 0,5	-1,24	0,82	Rang
<i>Vaccinium oxycoccos</i> L.	1,3 \pm 0,3	1,3 \pm 0,3	0,1	0,99	Log (x+1)
Mousses					
<i>Dicranum undulatum</i> Brid.	3,4 \pm 0,5	3,2 \pm 0,7	0,23	0,82	-
<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	0,2 \pm 0,2	0,7 \pm 0,4	-0,37	0,72	-
Polytrichum spp.	8,2 \pm 1,1	9,7 \pm 1,1	-0,95	0,36	-
<i>Sphagnum angustifolium</i> C. Jens	0,0 \pm 0,0	0,1 \pm 0,1	1,17	0,27	Rang
<i>Sphagnum fuscum</i> (Schimp.) Klinggr.	4,7 \pm 2,0	10 \pm 3,4	-1,37	0,20	Log (x+1)
<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	0,7 \pm 0,4	1,8 \pm 0,9	-1,33	0,21	Rang
<i>Sphagnum rubellum</i> Wils.	78,8 \pm 4,7	66,4 \pm 2,6	2,30	0,04	-
Couvert total	176,5 \pm 8,3	168,9 \pm 5,8	0,74	0,47	-
Tourbe à nu	0,3 \pm 0,3	2,6 \pm 0,8	-3,06	0,01	Rang

dl=10

Annexe 2: Tableaux des valeurs statistiques pour l'expérience en tourbière naturelle

Tableau 9 : Valeurs statistiques pour toutes les variables étudiées dans l'expérience de sectionnement des rhizomes et de fertilisation (Anovas en blocs complets avec plan en tiroirs)

Sources de variation	dl	F	P	Transformations
Nombre de ramets par m ² : Juin				
				log
<i>Bloc</i>	5			
<i>Traitement</i>	1	3,55	0,12	
<i>erreur 1</i>	5			
<i>Année</i>	2	123,59	< 0,0001	
<i>Traitement*Année</i>	2	56,39	< 0,0001	
<i>erreur 2</i>	20			
<i>Total</i>	35			
Nombre de feuilles par m ² : Juin				
				log
<i>Bloc</i>	5			
<i>Traitement</i>	1	5,46	0,07	
<i>erreur 1</i>	5			
<i>Année</i>	2	156,17	< 0,0001	
<i>Traitement*Année</i>	2	81,19	< 0,0001	
<i>erreur 2</i>	20			
<i>Total</i>	35			
Nombre de ramets par m ² : Juillet				
				log
<i>Bloc</i>	5			
<i>Traitement</i>	1	3	0,15	
<i>erreur 1</i>	5			
<i>Année</i>	2	259,78	< 0,0001	
<i>Traitement*Année</i>	2	111,61	< 0,0001	
<i>erreur 2</i>	20			
<i>Total</i>	35			
Nombre de feuilles par m ² : Juillet				
				log
<i>Bloc</i>	5			
<i>Traitement</i>	1	4,42	0,09	
<i>erreur 1</i>	5			
<i>Année</i>	2	528,73	< 0,0001	
<i>Traitement*Année</i>	2	257,79	< 0,0001	
<i>erreur 2</i>	20			
<i>Total</i>	35			
Surface foliaire par feuille (cm ²)				
				log
<i>Bloc</i>	5			
<i>Traitement</i>	1	1,04	0,35	
<i>erreur 1</i>	5			
<i>Année</i>	2	208,62	< 0,0001	
<i>Traitement*Année</i>	2	38,59	< 0,0001	
<i>erreur 2</i>	20			
<i>Total</i>	35			

Nombre de fruits par m ²				log
<i>Bloc</i>	5			
<i>Traitement</i>	1	0,71	0,44	
<i>erreur 1</i>	5			
<i>Année</i>	2	21,78	< 0,0001	
<i>Traitement*Année</i>	2	1,89	0,18	
<i>erreur 2</i>	17			
<i>Total</i>	32			
Nombre de fleurs femelles par m ²				log
<i>Bloc</i>	5			
<i>Traitement</i>	1	4,95	0,08	
<i>erreur 1</i>	5			
<i>Année</i>	1	3,8	0,08	
<i>Traitement*Année</i>	1	5,61	0,04	
<i>erreur 2</i>	10			
<i>Total</i>	23			
Nombre de drupéoles par fruit				-
<i>Bloc</i>	5			
<i>Traitement</i>	1	0,84	0,40	
<i>erreur 1</i>	5			
<i>Année</i>	2	0,52	0,61	
<i>Traitement*Année</i>	2	0,51	0,61	
<i>erreur 2</i>	9			
<i>Total</i>	24			
Masse fraîche fruit				
<i>Bloc</i>	5			
<i>Traitement</i>	1	0,08	0,32	
<i>erreur 1</i>	5			
<i>Année</i>	2	3,13	0,54	
<i>Traitement*Année</i>	2	0,76	0,92	
<i>erreur 2</i>	15			
<i>Total</i>	30			
Masse sèche fruit				
<i>Bloc</i>	5			
<i>Traitement</i>	1	0,34	0,58	
<i>erreur 1</i>	5			
<i>Année</i>	2	1,15	0,34	
<i>Traitement*Année</i>	2	0,56	0,58	
<i>erreur 2</i>	15			
<i>Total</i>	30			
Nombre de fleurs femelles avortées				log
<i>Bloc</i>	5			
<i>Traitement</i>	1	0,42	0,64	
<i>erreur 1</i>	1			
<i>Année</i>	1	2,81	0,12	
<i>Traitement*Année</i>	1	0,79	0,38	
<i>erreur 2</i>	14			
<i>Total</i>	23			
Nombre de fruits avortés				log
<i>Bloc</i>	5			

<i>Traitement</i>	1	1,25	0,31	
<i>erreur 1</i>	5			
<i>Année</i>	2	21,4	0,004	
<i>Traitement*Année</i>	6	0,84	0,39	
<i>erreur 2</i>	19			
<i>Total</i>	32			
<hr/>				
Fleurs mâles deuxième année (total de chaque parcelle)				log
<i>Bloc</i>	5			
<i>Traitement</i>	1	4,16	0,10	
<i>erreur 1</i>	5			
<i>Total</i>	11			
<hr/>				
Fleurs mâles troisième année (maximum observé dans chaque parcelle)				log
<i>Bloc</i>	5			
<i>Traitement</i>	1	8,73	0,03	
<i>erreur 1</i>	5			
<i>Total</i>	11			
<hr/>				
Rapport fleurs mâles:femelles pour deuxième année				log
<i>Bloc</i>	5			
<i>Traitement</i>	1	4,55	0,10	
<i>erreur 1</i>	4			
<i>Total</i>	10			
<hr/>				
Rapport fleurs mâles:femelles pour troisième année				log
<i>Bloc</i>	4			
<i>Traitement</i>	1	3,64	0,15	
<i>erreur 1</i>	3			
<i>Total</i>	8			

Annexe 3: Tableaux des valeurs statistiques pour les expériences en tourbière résiduelle

Expérience Brise-vent

Tableau 10 : Valeurs du t de Student et du P pour les analyses des tests de t pour données appariées pour les variables étudiées dans l'expérience brise-vent

Source de variation	dl	t	P	Transformation
Nombre de ramets (août)	2	0,32	0,74	-
Nombre de feuilles (août)	2	1,49	0,27	-
Surface foliaire par feuille (août)	2	-0,69	0,56	-

Expérience Longueur des rhizomes et profondeur de plantation

Tableau 11 : Valeurs du F et du P pour les analyses de la variance à deux voies et comparaisons multiples de type LSD pour les variables nombre de ramets et de feuilles et surface foliaire par feuille (années 1 et 2) dans l'expérience longueur des rhizomes et profondeur de plantation

Source de variation	Comparaisons multiples	dl	F	P	Transformation
Première année (2005)					
Nombre de ramets (août)					
Longueur		2	10,38	0,00	-
15 cm	B				
20 cm	A				
25 cm	A				
Profondeur		1	8,98	0,01	
5 cm	A				
10 cm	B				
Longueur x Profondeur		2	1,75	0,20	
Erreur		18			
Total		23			
Nombre de feuilles (août)					
Longueur		2	9,95	0,00	-
15 cm	B				
20 cm	A				
25 cm	A				

Profondeur		1	4,75	0,04	
5 cm	A				
10 cm	B				
Longueur x Profondeur		2	2,9	0,08	
Erreur		18			
Total		23			
Surface foliaire par feuille (août)					
Longueur		2	4,42	0,03	Ln(x+1)
15 cm	B				
20 cm	A				
25 cm	A				
Profondeur		1	0,31	0,59	
Longueur x Profondeur		2	0,29	0,75	
Erreur		18			
Total		23			
Deuxième année (2006)					
Survie (août)					
Longueur		2	3,64	0,05	rang
15 cm	B				
20 cm	A				
25 cm	A				
Profondeur		1	0,74	0,40	
Longueur x Profondeur		2	1,57	0,24	
Erreur		18			
Total		23			
Nombre de feuilles (août)					
Longueur		2	3	0,08	-
15 cm					
20 cm					
25 cm					
Profondeur		1	0,24	0,63	
Longueur x Profondeur		1	2,37	0,15	
Erreur		13			
Total		17			
Surface foliaire par feuille (cm²) (août)					
Longueur		2	0,67	0,54	-
Profondeur		1	0,09	0,77	
Longueur x Profondeur		1	1,35	0,27	
Erreur		13			
Total		17			

Annexe 4: Température ambiante dans la serre pour les expériences : présence ou absence de bourgeons et de fertilisation I

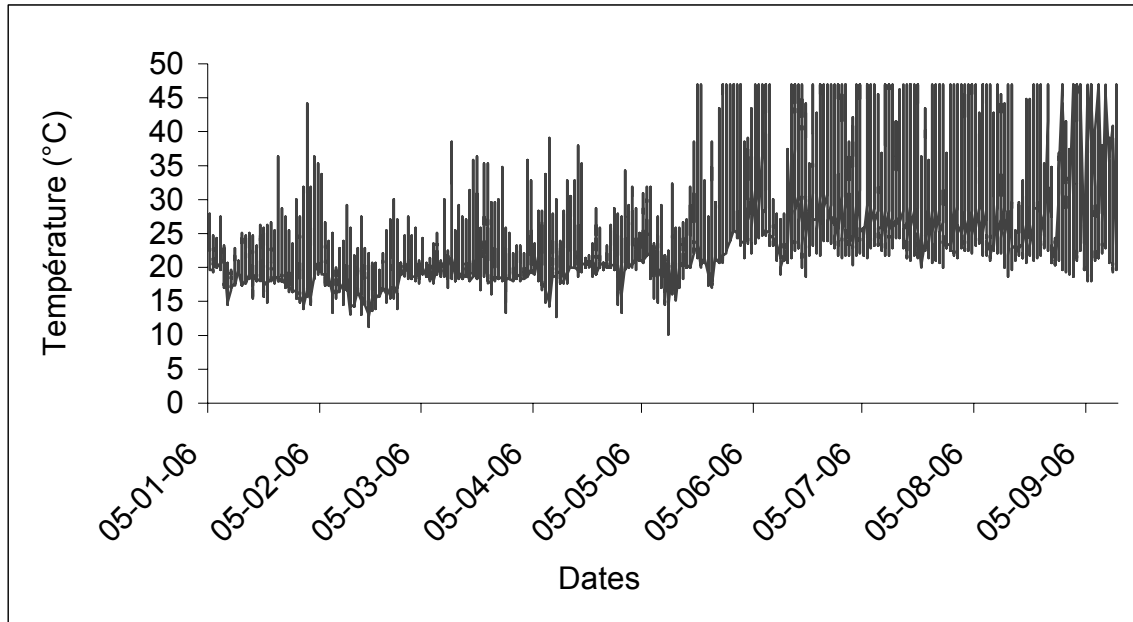


Figure 8: Mesures de températures en degrés Celsius (1 lecture/heure) dans la serre du pavillon Vachon de l'Université Laval au cours de l'expérience de fertilisation I

Annexe 5: Tableaux des valeurs statistiques pour les expériences en serre

Expérience de fertilisation I

Tableau 12 : Valeurs de F et P, les contrastes polynomiaux et comparaisons multiples (LSD) pour les différentes variables mesurées dans l'expérience de fertilisation I.

Sources de variation		Comparaisons multiples	dl	F	P	Transformations
ANOVA	Masse sèche initiale rhizome					rang
	Dose		1	1,08	0,38	
	Cultivar		4	71,70	0,00	
		<i>Québec</i>	B			
		<i>Norvégien (Fd)</i>	A			
	Dose x cultivar		4	1,49	0,22	
	Erreur		60			
	Total		69			
	Masse fraîche tige					
	Dose		4	2,61	0,04	rang
		<i>Linéaire</i>			0,20	
		<i>Quadratique</i>			0,005	
		<i>Cubique</i>			0,77	
		<i>Degré 4</i>			0,63	
	Cultivar		1	9,16	0,004	
		<i>Québec</i>	A			
		<i>Norvégien (Fd)</i>	B			
	Dose x cultivar		4	0,18	0,95	
	Erreur		61			
	Total		70			
	Masse fraîche feuille					
	Dose		4	3,59	0,01	rang
		<i>Linéaire</i>			0,06	
		<i>Quadratique</i>			0,06	
		<i>Cubique</i>			0,02	
		<i>Degré 4</i>			0,48	
	Cultivar		1	11,62	0,001	
		<i>Québec</i>	B			
		<i>Norvégien (Fd)</i>	A			
	Dose x cultivar		4	0,72	0,58	
	Erreur		61			

Total		70			
Masse sèche tige					
Dose		4	0,6	0,67	log10 (x+1)
Cultivar		1	8,72	0,004	
	<i>Québec</i>	A			
	<i>Norvégien (Fd)</i>	B			
Dose x cultivar		4	0,63	0,64	
Erreur		61			
Total		70			
Masse sèche feuille					
Dose		4	2,34	0,07	rang
Cultivar		1	18,11	0,0001	
	<i>Québec</i>	B			
	<i>Norvégien (Fd)</i>	A			
Dose x cultivar		4	0,49	0,74	
Erreur		61			
Total		70			
Croissance rhizome					
Dose		4	5,56	0,0007	rang
Cultivar		1	131,6	0,0000	
	<i>Québec</i>	B			
	<i>Norvégien (Fd)</i>	A			
Dose x cultivar		4	3,64	0,01	
	<i>Cultivar</i>			<0,001	
	<i>Dose-linéaire</i>			0,04	
	<i>Dose-quadratique</i>			0,02	
	<i>Dose-cubique</i>			0,002	
	<i>Cultivar-Dose-linéaire</i>			0,01	
	<i>Cultivar-Dose-quadratique</i>			0,36	
	<i>Cultivar-Dose-cubique</i>			0,04	
Erreur		61			
Total		70			
Croissance totale					
Dose		4	7,19	0,0001	rang
Cultivar		1	135,06	0,0000	
Dose x cultivar		4	3,34	0,02	
	<i>Cultivar</i>			<0,001	
	<i>Dose-linéaire</i>			0,01	
	<i>Dose-quadratique</i>			0,01	
	<i>Dose-cubique</i>			0,001	
	<i>Cultivar-Dose-linéaire</i>			0,01	

	<i>Cultivar-Dose-quadratique</i>			0,37	
	<i>Cultivar-Dose-cubique</i>			0,08	
Erreur		61			
Total		70			
Croissance rhizome (avec les masses sèches)					
Dose		4	1,00	0,41	rang
Cultivar		1	102,92	0,0000	
	<i>Québec</i>	B			
	<i>Norvégien (Fd)</i>	A			
Dose x cultivar		4	1,44	0,23	
Erreur		61			
Total		70			
Croissance totale (avec les masses sèches)					
Dose		4	1,89	0,12	rang
Cultivar		1	131,76	0,0000	
	<i>Québec</i>	B			
	<i>Norvégien (Fd)</i>	A			
Dose x cultivar		4	1,46	0,23	
Erreur		61			
Total		70			
Émergence					
Dose		4	6,27	0,0002	
	<i>Linéaire</i>			0,001	
	<i>Quadratique</i>			0,20	
	<i>Cubique</i>			0,005	
	<i>Degré 4</i>			0,05	
Cultivar		1	9,75	0,003	
	<i>Québec</i>	B			
	<i>Norvégien (Fd)</i>	A			
Dose x cultivar		4	1,98	0,11	
Erreur		61			
Total		70			
Mortalité					
Dose		4	3,81	0,007	
	<i>Linéaire</i>			0,01	
	<i>Quadratique</i>			0,07	
	<i>Cubique</i>			0,03	
	<i>Degré 4</i>			0,46	
Cultivar		1	60,31	0,0000	

	<i>Québec</i>	B			
	<i>Norvégien (Fd)</i>	A			
Dose x cultivar			4	1,08	0,37
Erreur			61		
Total			70		
<hr/>					
Surface foliaire par plant (cm²)					
Dose			4	2,09	0,09
Cultivar			1	31,68	0,0000
	<i>Québec</i>	B			
	<i>Norvégien (Fd)</i>	A			
Dose x cultivar			4	1,55	0,20
Erreur			61		
Total			70		
<hr/>					
ANCOVA	Masse fraîche finale rhizome				
			1	6,00	0,02
			4	6,49	0,0003
	<i>Linéaire</i>				0,87
	<i>Quadratique</i>				0,07
	<i>Cubique</i>				0,002
	<i>Degré 4</i>				0,03
Cultivar			1	36,99	<0,0001
	<i>Québec</i>	B			
	<i>Norvégien (Fd)</i>	A			
Dose x cultivar			4	0,37	0,83
Erreur			60		
Total			70		
<hr/>					
	Masse sèche finale rhizome				
			1	61,67	<0,0001
			4	1,47	0,22
			1	19,17	<0,0001
	<i>Québec</i>	B			
	<i>Norvégien (Fd)</i>	A			
Dose x cultivar			4	0,71	0,59
Erreur			60		
Total			70		
<hr/>					

¹ masse sèche initiale du rhizome

Expérience de fertilisation II

Tableau 13 : Valeurs de F et P, les contrastes polynomiaux et comparaisons multiples (LSD) pour les différentes variables mesurées dans l'expérience de fertilisation II.

	Sources de variation	dl	F	P	Transformations
ANOVA	Masse fraîche tige				
	Dose	4	0,35	0,84	rang
	Erreur	35			
	Total	39			
	Masse fraîche feuille				
	Dose	4	0,33	0,86	rang
	Erreur	35			
	Total	39			
	Masse sèche tige				
	Dose	4	0,74	0,57	rang
	Erreur	35			
	Total	39			
	Masse sèche feuille				
	Dose	4	1,52	0,22	rang
	Erreur	35			
	Total	39			
	Croissance rhizome (masse fraîche)				
	Dose	4	5,50	0,002	-
		<i>Linéaire</i>		0,61	
		<i>Quadratique</i>		0,0001	
	<i>Cubique</i>		0,27		
	<i>Degré 4</i>		0,27		
Erreur	35				
Total	39				
Croissance totale (masse fraîche)					
Dose	4	3,76	0,01	-	
	<i>Linéaire</i>		0,18		
	<i>Quadratique</i>		0,001		
	<i>Cubique</i>		0,31		
	<i>Degré 4</i>		0,68		
Erreur	35				
Total	39				
Croissance rhizome (avec les masses sèches)					

	Dose	4	3,74	0,16	
	Erreur	35			
	Total	39			
Croissance totale					
(avec les masses sèches)					
	Dose	4	4,20	0,007	rang
	<i>Linéaire</i>			0,90	
	<i>Quadratique</i>			0,0005	
	<i>Cubique</i>			0,17	
	<i>Degré 4</i>			0,71	
	Erreur	35			
	Total	39			
Émergence					
	Dose	4	1,77	0,16	rang
	Erreur	35			
	Total	39			
Mortalité					
	Dose	4	0,94	0,45	rang
	Erreur	35			
	Total	39			
ANCOVA	Masse fraîche finale rhizome				
	Covariable ¹	1	68,41	0,0000	-
	Dose	4	3,95	0,01	
	<i>Linéaire</i>			0,93	
	<i>Quadratique</i>			0,01	
	<i>Cubique</i>			0,69	
	<i>Degré 4</i>			0,35	
	Erreur	34			
	Total	39			
	Masse sèche finale rhizome				
	Covariable ¹	1	70,19	0,0000	-
	Dose	4	2,08	0,11	
	Erreur	34			
Total	39				
Surface foliaire par plant (cm²)					
Covariable ¹	1	6,18	0,02	-	
Dose	4	1,49	0,23		
Erreur	34				
Total	39				

¹ masse sèche initiale du rhizome

